

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
27. Februar 2003 (27.02.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 03/016411 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation: C09D 4/00 44 a, 48163 Münster (DE) KUSSEL, Daniel [DE/DE];  
7/12, C09J 4/00 Theodor-Storm-Str. 6, 48165 Münster (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP02/08983 (74) Anwalt: FITZNER, Uwe; Lintorfer Str. 10, 40878 Ratingen (DE)
- (22) Internationales Anmeldedatum: 10. August 2002 (10.08.2002) (81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KB, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 101 40 155.8 16. August 2001 (16.08.2001) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): BASF COATINGS AG [DE/DE]; Glasuritstr. 1, 48165 Münster (DE)
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): MEISENBURG, Uwe [DE/DE]; Kardinal-Galen-Str. 42, 47051 Duisburg (DE); BAUMGART, Hubert [DE/DE]; Am Dornbusch
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH, GM, KB, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)

Veröffentlicht:

mit internationalem Recherchenbericht

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: THERMAL COATING MATERIALS AND COATING MATERIALS THAT CAN BE CURED THERMALLY AND USING ACTINIC RADIATION AND THE USE THEREOF

(54) Bezeichnung: THERMISCH SOWIE THERMISCH UND MIT AKTINISCHER STRAHLUNG HÄRTBARE BESCHICHTUNGSSSTOFFE UND IHRE VERWENDUNG

(57) Abstract: The invention relates to thermal coating materials and to coating materials that can be cured thermally and using actinic radiation. Said materials contain: (A) a binding agent from the group of polyaddition resins, polycondensation resins and copolymers of olefinically unsaturated monomers that can be physically or thermally cured, cured using actinic radiation or cured thermally and using actinic radiation and that have a stochastic, alternating, block-type structure, or are linear or branched and have a comb-type structure; and (B) nanoparticles, which have been modified by a compound (I):  $[(S)_x-L]_n-M-(X-R)_{m-n}$ , in which the indices and variables are defined as follows: S represents a reactive, functional group comprising a bond that can be activated by actinic radiation; L represents a bivalent, organic linking group; X represents an oxygen atom, sulphur atom or  $>NR^1$ , wherein  $R^1$  = a hydrogen atom or an alkyl group; M represents a metal atom; R represents a monovalent, organic group; o represents 1 to 5; m represents 3 or 4; n stands for m = 3, 1 or 2 and n for m = 4, 1, 2 or 3. The invention also relates to the use of said materials for producing clear lacquers and coloured and/or decorative-effect multi-layer lacquers or as adhesives and sealants.

(57) Zusammenfassung: Thermisch sowie thermisch und mit aktinischer Strahlung härtbare Beschichtungsstoffe und ihre Verwendung. Zusammenfassung: Thermisch sowie thermisch und mit aktinischer Strahlung härtbare Beschichtungsstoffe, enthaltend (A) ein Bindemittel aus der Gruppe der physikalisch, thermisch, mit aktinischer Strahlung und thermisch und mit aktinischer Strahlung härtbaren, statistisch, alternierend und blockartig aufgebauten, linearen, verzweigten und kammartig aufgebauten, Polyadditionsharzen und Polykondensationsharzen sowie (Co)Polymerisaten von olefinisch ungesättigten Monomeren; und (B) Nanopartikel, die mit einer Verbindung (I):  $[(S)_x-L]_n-M-(X-R)_{m-n}$ , worin die Indices und die Variablen die folgende Bedeutung haben: S eine reaktive funktionelle Gruppe mit einer mit aktinischer Strahlung aktivierbaren Bindung; L zweibindige organische verknüpfende Gruppe; X Sauerstoffatom, Schwefelatom oder  $>NR^1$ , mit  $R^1$  = Wasserstoffatom oder Alkylgruppe; M Metallatom; R einbindiger organischer Rest; o 1 bis 5; m 3 oder 4; n für m = 3, 1 oder 2 und n für m = 4, 1, 2 oder 3; modifiziert worden sind; und ihre Verwendung für die Herstellung von Klarlackierungen und farb- und/oder effektgebenden Mehrschichtlackierungen oder als Klebstoffe und Dichtungsmassen.

WO 03/016411 A1

WO 03/016411 A1



*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen  
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on  
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe  
der PCT-Gazette verwiesen.*

### **Thermisch sowie thermisch und mit aktinischer Strahlung härtbare Beschichtungsstoffe und ihre Verwendung**

- Die vorliegende Erfindung betrifft neue, thermisch sowie thermisch und mit
- 5 aktinischer Strahlung härtbare Beschichtungsstoffe. Außerdem betrifft die vorliegende Erfindung die Verwendung der neuen, thermisch sowie thermisch und mit aktinischer Strahlung härtbaren Beschichtungsstoffe für die Herstellung ein- und mehrschichtiger Klarlackierungen und farb- und/oder effektgebender Lackierungen. Des weiteren betrifft die
- 10 vorliegende Erfindung die Verwendung der neuen, thermisch sowie thermisch und mit aktinischer Strahlung härtbaren Beschichtungsstoffe als Klebstoffe und Dichtungsmassen für die Herstellung von Klebschichten und Dichtungen.
- 15 Farb- und/oder effektgebende Lackierungen von Kraftfahrzeugkarosserien, insbesondere PKW-Karosserien, bestehen heute vorzugsweise aus mehreren Lackschichten, die übereinander appliziert werden und unterschiedliche Eigenschaften aufweisen.
- 20 Beispielsweise werden nacheinander eine elektrisch abgeschiedene Elektrotauchlackierung (ETL) als Grundierung, eine Füllerlackierung oder Steinschlagschutzgrundierung, eine Basislackierung und eine Klarlackierung auf ein Substrat aufgebracht. Hierbei dient die ETL insbesondere dem Korrosionsschutz des Blechs. Sie wird von der
- 25 Fachwelt häufig auch als Grundierung bezeichnet. Die Füllerlackierung dient der Abdeckung von Unebenheiten des Untergrundes und gewähren aufgrund ihrer Elastizität die Steinschlagbeständigkeit. Gegebenenfalls kann die Füllerlackierung noch zur Verstärkung des Deckvermögens und zur Vertiefung des Farbtons der Lackierung dienen. Die Basislackierung
- 30 steuert die Farben und/oder die optischen Effekte bei. Die Klarlackierung dient der Verstärkung der optischen Effekte und dem Schutz der

Lackierung vor mechanischer und chemischer Schädigung. Basislackierung und Klarlackierung werden häufig auch zusammenfassend als Decklackierung bezeichnet. Ergänzend wird noch auf Römpf Lexikon Lacke und Druckfarben, Georg Thieme Verlag, 5 Stuttgart, New York, 1998, Seiten 49 und 51, „Automobillacke“ verwiesen. Im folgenden werden diese mehrschichtigen Lackierungen als farb- und/oder effektgebende Mehrschichtlackierungen bezeichnet

10 Nutzfahrzeuge werden wegen ihrer Größe und weil sie fast immer nachträglich mit Logos, Beschriftungen, Farbfeldern und/oder Bildern versehen werden, häufig nur mit einer pigmentierten Beschichtung, einer sogenannten Unidecklackierung, versehen.

Neuerdings werden insbesondere die Klarlackierungen aus Klarlacken 15 hergestellt, die thermisch und mit aktinischer Strahlung härtbar sind. Unter aktinischer Strahlung ist hier und im folgenden elektromagnetische Strahlung, wie nahes Infrarot, sichtbares Licht, UV-Strahlung oder Röntgenstrahlung, insbesondere UV-Strahlung, und Korpuskularstrahlung, wie Elektronenstrahlung, zu verstehen. Die kombinierte Härtung durch 20 Hitze und aktinische Strahlung wird von der Fachwelt auch als Dual-Cure bezeichnet.

Dual-Cure-Beschichtungsstoffe, insbesondere Dual-Cure-Klarlacke, weisen den wesentlichen Vorteil auf, daß sie auch in den Schattenzonen 25 komplex geformter dreidimensionaler Substrate, wie Karosserien, Radiatoren oder elektrische Wickelgüter, auch ohne optimale, insbesondere vollständige, Ausleuchtung der Schattenzonen mit aktinischer Strahlung Beschichtungen liefern, deren anwendungstechnisches Eigenschaftsprofil an das der Beschichtungen 30 außerhalb der Schattenzonen zumindest heranreicht. Dadurch werden die in den Schattenzonen befindlichen Beschichtungen auch nicht mehr leicht

durch mechanische und/oder chemische Einwirkung geschädigt, was beispielsweise in der Linie beim Einbau weiterer Bestandteile von Kraftfahrzeugen in die beschichteten Karosserien eintreten kann.

- 5 Dual-Cure-Beschichtungsstoffe, die unmodifizierte, im wesentlichen hydrophile Nanopartikel auf der Basis von Siliziumdioxid enthalten, und ihre Verwendung zur Herstellung hochwertiger farb- und/oder effektgebender Mehrschichtlackierungen sind beispielsweise aus der deutschen Patentanmeldung DE 199 20 806 A 1 bekannt. Die bekannten
- 10 Dual-Cure-Beschichtungsstoffe liefern Lackierungen, die eine besonders hohe Kratzfestigkeit aufweisen. Deren Überbrennstabilität und Vergilbungsstabilität muß jedoch noch weiterentwickelt werden. Außerdem weisen sie noch nicht die für eine problemlose Schleifbarkeit und Polierbarkeit erforderliche Oberflächenhärte auf. Des weiteren müssen sie
- 15 noch in ihrer Beständigkeit gegenüber Feuchtebelastung, wie sie beispielsweise bei der Verwendung von Transportschutzfolien bei der Auslieferung von Neuwagen eintritt, verbessert werden.

- Thermisch härtbare Beschichtungsstoffe, die mit Alkoholen oder
- 20 Alkylchlorsilanen modifizierte Nanopartikel auf der Basis von Siliziumdioxid enthalten, sind aus dem amerikanischen Patent US 4,652,470 A bekannt. Die bekannten Beschichtungsstoffe werden in Naß-in-naß-Verfahren zur Herstellung mehrschichtiger farb- und/oder effektgebender Mehrschichtlackierungen eingesetzt und neigen weniger zum Einbrechen
- 25 (strike-in) und zum Ablauen (sagging) als nanopartikelfreie Beschichtungsstoffe. Dem Patent sind keine Hinweise zu entnehmen, daß die vorstehend geschilderten Probleme mit Hilfe von Nanopartikeln behoben werden könnten.

- 30 Aus der Schriftenreihe VILF-Vorträge des Verbands der Ingenieure des Lack- und Farbenfachs e.V., Band 3, S. Frahn, V. Valter, T. Ladwig, M.

Ettinger und J. Meyer, „Neue modifizierte hochdisperse Siliciumdioxide für strahlenhärtende Lacksysteme“, Seiten 89 bis 89, sind mit aktinischer Strahlung härtbare Beschichtungsstoffe (100%-Systeme) bekannt, die hydrophile, mit Methacryloxypropyltrimethoxysilan modifizierte Nanopartikel auf der Basis von Siliciumdioxid in einer Menge von 5 bis 16 Gew.-% enthalten. Die bekannten Beschichtungsstoffe liefern Beschichtungen mit einer verbesserten Kratzfestigkeit. Hinweise auf eine Verbesserung der Oberflächenhärte, der Überbrennstabilität, der Vergilbungsstabilität oder der Beständigkeit gegenüber Feuchtebelastung von thermisch oder Dual-Cure-härtbaren Beschichtungsstoffen durch die modifizierten Nanopartikel lassen sich dem Artikel nicht entnehmen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, neue, thermisch sowie thermisch und mit aktinischer Strahlung härtbare Beschichtungsstoffe zu finden, die neue Beschichtungen liefern, die die Nachteile des Standes der Technik nicht mehr länger aufweisen. Insbesondere sollen die neuen Beschichtungen eine Überbrennstabilität und Vergilbungsstabilität haben, die diejenige des Standes der Technik übertrifft. Außerdem sollen sie eine für die problemlose Schleifbarkeit und Polierbarkeit erforderliche Oberflächenhärte aufweisen. Des weiteren sollen sie eine verbesserte Beständigkeit gegenüber Feuchtebelastung, wie sie beispielsweise bei der Verwendung von Transportschutzfolien bei der Auslieferung von Neuwagen eintritt, zeigen. Ansonsten sollen die neuen Beschichtungen die selben vorteilhaften Eigenschaften wie die bisher bekannten Beschichtungen aufweisen oder diese übertreffen. All dies soll ohne großen Aufwand, sondern mit Hilfe einfacher Maßnahmen realisiert werden können.

Demgemäß wurden die neuen thermisch sowie thermisch und mit aktinischer Strahlung härtbaren Beschichtungsstoffe gefunden, enthaltend

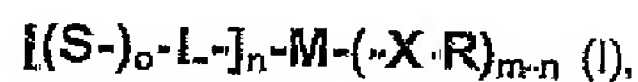
(A) mindestens ein Bindemittel, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus physikalisch, thermisch, mit aktinischer Strahlung und thermisch und mit aktinischer Strahlung härtbaren, statistisch, alternierend und blockartig aufgebauten, linearen, verzweigten und kammartig aufgebauten, Polyadditionsharzen und Polykondensationsharzen sowie (Co)Polymerisaten von olefinisch ungesättigten Monomeren;

und

10

(B) Nanopartikel, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus Nanopartikeln, die mit mindestens einer Verbindung der allgemeinen Formel I:

15



worin die Indices und die Variablen die folgende Bedeutung haben:

20

S eine reaktive funktionelle Gruppe mit mindestens einer mit aktinischer Strahlung aktivierbaren Bindung;

L mindestens zweibindige organische verknüpfende Gruppe;

25

X unabhängig voneinander Sauerstoffatom, Schwefelatom oder  $>NR^1$ , mit  $R^1$  = Wasserstoffatom oder Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen;

M Metallatom;

30

R einbindiger organischer Rest;



- o eine ganze Zahl von 1 bis 5;
- m 3 oder 4;
- 5 n für m = 3, 1 oder 2 und
- n für m = 4, 1, 2 oder 3;

modifiziert worden sind.

10

Im folgenden werden die neuen, thermisch sowie thermisch und mit aktinischer Strahlung härtbaren Beschichtungsstoffe als „erfindungsgemäße Beschichtungsstoffe“ bezeichnet.

15 Weitere Erfindungsgegenstände gehen aus der Beschreibung hervor.

Im Hinblick auf den Stand der Technik war es überraschend und für den Fachmann nicht vorhersehbar, daß die der vorliegenden Erfindung zugrundeliegende Aufgabe durch die erfindungsgemäße Verwendung der  
20 modifizierten Nanopartikel (B) gelöst werden konnte. Insbesondere überraschte, daß die erfindungsgemäß zu verwendenden Nanopartikel (B) überhaupt einen Einfluß auf Eigenschaften wie Überbrennstabilität, Vergilbungsstabilität und Beständigkeit gegenüber Feuchtebelastung von thermisch oder thermisch und mit aktinischer Strahlung gehärteten  
25 Beschichtungen hatten.

Vollends überraschend war, daß die erfindungsgemäßen Beschichtungsstoffe auch als Klebstoffe und Dichtungsmassen zur Herstellung von Klebschichten und Dichtungen verwendet werden  
30 konnten.



Der wesentliche Bestandteil der erfindungsgemäßen Beschichtungsstoffe sind die Nanopartikel (B).

Vorzugsweise werden die Nanopartikel (B) ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus Nanopartikeln auf der Basis von Siliziumdioxid, Aluminiumoxid, Zinkoxid, Zirkoniumoxid und der Polysäuren und Heteropolysäuren von Übergangsmetallen, vorzugsweise von Molybdän und Wolfram, mit einer Primärpartikelgröße < 50 nm, bevorzugt 5 bis 50 nm, insbesondere 10 bis 30 nm. Vorzugsweise haben die hydrophilen Nanopartikel (B) keinen Mattierungseffekt. Besonders bevorzugt werden Nanopartikel (B) auf der Basis von Siliziumdioxid verwendet.

Besonders bevorzugt werden hydrophile pyrogene Siliziumdioxide verwendet, die nicht porös sind, deren Agglomerate und Aggregate eine kettenförmige Struktur haben und die durch die Flammenhydrolyse von Siliziumtetrachlorid in einer Knallgasflamme herstellbar sind. Diese werden beispielsweise von der Firma Degussa unter der Marke Aerosil ® vertrieben. Besonders bevorzugt werden auch gefällte Wassergläser, wie Nanohektorite, die beispielsweise von der Firma Südchemie unter der Marke Optigel ® oder von der Firma Laporte unter der Marke Laponite ® vertrieben werden, verwendet.

Die Nanopartikel (B), insbesondere ihre Oberfläche, sind mit mindestens einer, insbesondere einer, Verbindung der allgemeinen Formel (I) modifiziert. Dabei kann die Modifizierung durch physikalische Adsorption der Verbindungen (I) an die Oberfläche der Nanopartikel (B) und/oder durch chemische Reaktion der Verbindungen I mit geeigneten reaktiven funktionellen Gruppen an der Oberfläche der Nanopartikel (B) erfolgt sein. Vorzugsweise erfolgt die Modifizierung über chemische Reaktionen.

In der allgemeinen Formel (I) steht die Variable M für eine Metall- oder Nichtmetallatom, insbesondere Bor, Aluminium, Gallium oder Silizium, insbesondere Silizium.

5 Die Variablen X stehen unabhängig voneinander für ein Sauerstoffatom, Schwefelatom und/oder eine Gruppe  $>NR^1$ , worin  $R^1$  eine Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen, insbesondere Methyl, Ethyl, Propyl und n-Butyl, bedeutet. Bevorzugt steht X für ein Sauerstoffatom.

10 R steht für einen einbindigen organischen Rest. Der einbindige Rest R kann substituiert oder unsubstituiert sein; vorzugsweise ist er unsubstituiert. Er kann aromatisch, aliphatisch oder cycloaliphatisch sein. Ein einbindiger Rest R wird dann als aromatisch angesehen, wenn X direkt mit dem aromatischen Rest verbunden ist. Diese Regel ist  
15 sinngemäß auf die aliphatischen und cycloaliphatischen Reste anzuwenden. Vorzugsweise werden lineare oder verzweigte, insbesondere lineare, aliphatische Reste eingesetzt. Bevorzugt sind niedrigere aliphatische Reste, besonders bevorzugt die vorstehend beschriebenen aliphatischen Reste  $R^1$ . Von diesen wird die Methylgruppe  
20 ganz besonders bevorzugt verwendet.

Die Variable L steht für eine mindestens zweibindige, insbesondere zweibindige, organische verknüpfende Gruppe.

25 Beispiele geeigneter zweibindiger organischer verknüpfender Gruppen L sind aliphatische, Heteroatome enthaltende, aliphatische, aromatische, cycloaliphatische und aromatisch-cycloaliphatische Kohlenwasserstoffreste, wie

30 (1) substituierte oder unsubstituierte, bevorzugt unsubstituierte, lineare oder verzweigte, vorzugsweise lineare, Alkandyl-Reste mit 4 bis

- 30, bevorzugt 5 bis 20 und insbesondere 6 Kohlenstoffatomen, die innerhalb der Kohlenstoffkette auch cyclische Gruppen enthalten können, insbesondere Trimethylen, Tetramethylen, Pentamethylen, Hexamethylen, Heptamethylen, Octamethylen, Nonan-1,9-diyl, Decan-1,10-diyl, Undecan-1,11-diyl, Dodecan-1,12-diyl, Tridecan-1,13-diyl, Tetradecan-1,14-diyl, Pentadecan-1,15-diyl, Hexadecan-1,16-diyl, Heptadecan-1,17-diyl, Octadecan-1,18-diyl, Nonadecan-1,19-diyl oder Eicosan-1,20-diyl, bevorzugt Tetramethylen, Pentamethylen, Hexamethylen, Heptamethylen, Octamethylen, Nonan-1,9-diyl, Decan-1,10-diyl, 2-Heptyl-1-pentyl-cyclohexan-3,4-bis(non-9-yl), Cyclohexan-1,2-, -1,4- oder -1,3-bis(methyl), Cyclohexan-1,2-, -1,4- oder -1,3-bis(ethyl-2-yl), Cyclohexan-1,3-bis(prop-3-yl) oder Cyclohexan-1,2-, -1,4- oder -1,3-bis(but-4-yl);
- 15 (2) zweiwertige Polyesterreste mit wiederkehrenden Polyesteranteilen der Formel  $-(CO-(CHR^2)_p-CH_2-O)-$  aus. Hierbei ist der Index p bevorzugt 4 bis 6 und der Substituent  $R^2$  = Wasserstoff, ein Alkyl-, Cycloalkyl- oder Alkoxy-Rest. Kein Substituent enthält mehr als 12 Kohlenstoffatome;
- 20 (3) lineare Polyetherreste, vorzugsweise mit einem zahlenmittleren Molekulargewicht von 400 bis 5000, insbesondere von 400 bis 3000, die sich von Poly(oxyethylen)glykolen, Poly(oxypropylen)glykolen und Poly(oxybutylen)glykolen ableiten;
- 25 (4) lineare Siloxanreste, wie sie beispielsweise in Silikonkautschuken vorliegen, hydrierte Polybutadien- oder Polyisoprenreste, statistische oder alternierende Butadien-Isopren-Copolymerisatreste oder Butadien-Isopren-Pfropfmischpolymerisatreste, die noch Styrol einpolymerisiert enthalten können, sowie Ethylen-Propylen-Dienreste;
- 30

- (5) Phen-1,4-, -1,3- oder -1,2-ylen, Naphth-1,4-, -1,3-, -1,2-, -1,5- oder -2,5-ylen, Propan-2,2-di(phen-4'-yl), Methan-di(phen-4'-yl), Diphenyl-4,4'-diyl oder 2,4- oder 2,6-Toluylen; oder

5

- (6) Cycloalkandiyl-Reste mit 4 bis 20 Kohlenstoffatomen, wie Cyclobutan-1,3-diyl, Cyclopentan-1,3-diyl, Cyclohexan-1,3- oder -1,4-diyl, Cycloheptan-1,4-diyl, Norbornan-1,4-diyl, Adamantan-1,5-diyl, Decalin-diyl, 3,3,5-Trimethyl-cyclohexan-1,5-diyl, 1-Methylocyclohexan-2,6-diyl, Dicyclohexylmethan-4,4'-diyl, 1,1'-Dicyclohexan-4,4'-diyl oder 1,4-Dicyclohexylhexan-4,4'-diyl, insbesondere 3,3,5-Trimethyl-cyclohexan-1,5-diyl oder Dicyclohexylmethan-4,4'-diyl.

10

- 15 Besonders bevorzugt werden die verknüpfenden Gruppen L (1), ganz besonders bevorzugt Trimethylen, Tetramethylen, Pentamethylen, Hexamethylen, Heptamethylen oder Octamethylen und insbesondere Trimethylen verwendet.

- 20 Die Variable S steht für eine reaktive funktionelle Gruppe mit mindestens einer, insbesondere einer, mit aktinischer Strahlung aktivierbaren Bindung.

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung wird unter einer mit aktinischer Strahlung aktivierbaren Bindung eine Bindung verstanden, die bei

- 25 Bestrahlen mit aktinischer Strahlung reaktiv wird und mit anderen aktivierten Bindungen ihrer Art Polymerisationsreaktionen und/oder Vernetzungsreaktionen eingeht, die nach radikalischen und/oder ionischen

\* Mechanismen ablaufen. Beispiele geeigneter Bindungen sind Kohlenstoff-

Wasserstoff-Einzelbindungen oder Kohlenstoff-Kohlenstoff-, Kohlenstoff-

- 30 Sauerstoff-, Kohlenstoff-Stickstoff-, Kohlenstoff-Phosphor -oder Kohlenstoff-Silizium-Einzelbindungen oder -Doppelbindungen. Von diesen

sind die Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindungen besonders vorteilhaft und werden deshalb erfindungsgemäß ganz besonders bevorzugt verwendet. Der Kürze halber werden sie im folgenden als „Doppelbindungen“ bezeichnet.

5

Demnach enthält die erfindungsgemäß bevorzugte reaktive Gruppe S eine Doppelbindung oder zwei, drei oder vier Doppelbindungen. Werden mehr als eine Doppelbindung verwendet, können die Doppelbindungen konjugiert sein. Erfindungsgemäß ist es indes von Vorteil, wenn die

10 Doppelbindungen isoliert, insbesondere jede für sich endständig, in der hier in Rede stehenden Gruppe (S) vorliegen. Erfindungsgemäß ist es von besonderem Vorteil zwei Doppelbindungen, insbesondere eine Doppelbindung, zu verwenden.

15 Die mit aktinischer Strahlung aktivierbaren Bindungen können über Kohlenstoff-Kohlenstoffbindungen oder Ether-, Thioether-, Carbonsäureester-, Thiocarbonsäureester-, Carbonat-, Thiocarbonat-, Phosphorsäureester-, Thiophosphorsäureester-, Phosphonsäureester-, Thiophosphonsäureester-, Phosphit-, Thiophosphit-, Sulfonsäureester-,

20 Amid-, Amin-, Thioamid-, Phosphorsäureamid-, Thiophosphorsäureamid-, Phosphonsäureamid-, Thiophosphonsäureamid-, Sulfonsäureamid-, Imid-, Urethan-, Hydrazid-, Harnstoff-, Thioharnstoff-, Carbonyl-, Thiocarbonyl-, Sulfon- oder Sulfoxidgruppen, insbesondere aber über Kohlenstoff-Kohlenstoff-Bindungen, Carbonsäureestergruppen und Ethergruppen mit

25 der verknüpfenden Gruppe L verbunden sein.

Besonders bevorzugte reaktive funktionelle Gruppen S sind daher

30 (Meth)Acrylat-, Ethacrylat-, Crotonat-, Cinnamat-, Vinyl ether-, Vinyl ester-, Dicyclopentadienyl-, Norbornenyl-, Isoprenyl-, Isopropenyl-, Allyl- oder Butenylgruppen; Dicyclopentadienyl-, Norbornenyl-, Isoprenyl-, Isopropenyl-, Allyl- oder Butenylethergruppen oder Dicyclopentadienyl-,

Norbornenyl-, Isoprenyl-, Isopropenyl-, Allyl- oder Butenylrestgruppen, insbesondere aber Methacrylatgruppen S.

In der allgemeinen Formel I steht die Variable o für eine ganze Zahl von 1 bis 5, vorzugsweise 1 bis 4, bevorzugt 1 bis 3 und besonders bevorzugt 1 und 2. Insbesondere ist o gleich 1.

Die Variable m steht für 3 oder 4, insbesondere 4.

- 10 Die Variable n steht im Falle von m = 3 für 1 oder 2, insbesondere 1.  
Die Variable n steht im Falle von m = 4 für 1, 2 oder 3, insbesondere 1.

Demnach handelt es sich bei den erfindungsgemäß besonders bevorzugt verwendeten Verbindungen I um Methacryloxyalkyltrialkoxysilane, 15 insbesondere um Methacryloxypropyltrimethoxysilan (MEMO).

Bei den betreffenden Nanopartikeln (B) handelt es sich um bekannte Stoffe, die von der Firma Degussa Hüls unter der Bezeichnung Aerosil® 711 oder Aerosil® VP R 7200 als Versuchsprodukt bereitgestellt werden 20 (vgl. die Schriftenreihe VILF-Vorträge des Verbands der Ingenieure des Lack- und Farbenfachs e.V., Band 3, S. Frahn, V. Valtier, T. Ladwig, M. Ettinger und J. Meyer, „Neue modifizierte hochdisperse Siliciumdioxide für strahlenhärtende Lacksysteme“, Seiten 89 bis 91).

25 Der Gehalt der erfindungsgemäßen Beschichtungsstoffe an den Nanopartikeln (B) kann breit variieren. Vorzugsweise liegt er, jeweils bezogen auf den Festkörper eines erfindungsgemäßen Beschichtungsstoffs, bei 0,1 bis 20, bevorzugt 0,5 bis 15, besonders bevorzugt 1,0 bis 10, ganz besonders bevorzugt 1,5 bis 8 und 30 insbesondere 2 bis 6 Gew.-%.

Die Nanopartikel (B) können bei der Herstellung der erfindungsgemäßen Beschichtungsstoffe gemeinsam mit den übrigen Bestandteilen verarbeitet werden. Dabei können die Nanopartikel (B) als solche oder in der Form von Pasten, insbesondere als Pasten, verarbeitet werden.

- 5 Erfindungsgemäß ist es von Vorteil, die Nanopartikel (B) üblichen und bekannten, thermisch oder thermisch und mit aktinischer Strahlung härtbaren Beschichtungsstoffen zuzusetzen, wodurch die erfindungsgemäßen Beschichtungsstoffe resultieren. Vorzugsweise erfolgt die Zugabe in der Form einer Paste.

10

Die Nanopartikel-Paste (B) kann wässrig, wässrig-organisch oder rein organisch sein. Welche Variante eingesetzt wird, richtet sich nach der Zusammensetzung der erfindungsgemäßen Beschichtungsstoffe.

- 15 Vorzugsweise liegt der Gehalt der Nanopartikel-Pasten (B) an Nanopartikeln (B), bezogen auf die Paste, bei 5 bis 80, bevorzugt 6 bis 70, besonders bevorzugt 7 bis 60, ganz besonders bevorzugt 8 bis 60 und insbesondere 10 bis 50 Gew.-%.

- 20 Vorzugsweise werden organische Lösemittel eingesetzt, die unter den Bedingungen der Herstellung, der Lagerung, der Applikation und der Härtung der erfindungsgemäßen Beschichtungsstoffe keine unerwünschten Reaktionen mit den Bestandteilen der erfindungsgemäßen Beschichtungsstoffe eingehen. Bevorzugt werden organische Lösemittel  
25 eingesetzt, die darüber hinaus die thermische Vernetzung und/oder die Vernetzung mit aktinischer Strahlung der erfindungsgemäßen Beschichtungsstoffe nicht inhibieren und/oder keine störenden Wechselwirkungen mit Bestandteilen der erfindungsgemäßen Beschichtungsstoffe eingehen. Sie können dabei inert sein oder aber als  
30 thermisch und/oder mit aktinischer Strahlung vernetzbare Reaktivverdünner an den Vernetzungsreaktionen teilnehmen.



Der Fachmann kann geeignete Lösemittel leicht anhand ihres bekannten Lösevermögens und ihrer Reaktivität auswählen. Beispiele geeigneter Lösemittel sind aus D. Stoye und W. Freitag (Editors), »Paints, Coatings and Solvents«, Second, Completely Revised Edition, Wiley-VCH, Weinheim, New York, 1998, »14.9. Solvent Groups«, Seiten 327 bis 373, bekannt.

Der weitere wesentliche Bestandteil der erfindungsgemäßen Beschichtungsstoffe ist mindestens ein Bindemittel (A).

Bindemittel (A) werden aus der Gruppe, bestehend aus physikalisch, thermisch, mit aktinischer Strahlung oder thermisch und mit aktinischer Strahlung härkbaren, statistisch, alternierend und blockartig aufgebauten, linearen, verzweigten und kammartig aufgebauten (Co)Polymerisaten von ethylenisch ungesättigten Monomeren, Polyadditionsharzen und/oder Polykondensationsharzen, ausgewählt. Zu diesen Begriffen wird auf Römp Lexikon Lacke und Druckfarben, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 1998, Seite 457, »Polyaddition« und »Polyadditionsharze (Polyaddukte)«, sowie Seiten 463 und 464, »Polykondensate«, »Polykondensation« und »Polykondensationsharze«, sowie Seiten 73 und 74, »Bindemittel«, verwiesen.

Die physikalisch härtenden Bindemittel (A) enthalten keine oder nur eine geringe, für die Härtung nicht ins Gewicht fallende Anzahl der vorstehend beschriebenen Gruppen S für die Härtung mit aktinischer Strahlung und/oder der nachstehend beschriebenen reaktiven funktionellen Gruppen für die thermische Vernetzung.

Werden physikalisch härtende Bindemittel (A) eingesetzt, enthalten die thermisch härkbaren erfindungsgemäßen Beschichtungsstoffe mindestens

einen der nachstehend beschriebenen thermisch härbaren Bestandteile, und die erfindungsgemäßen Dual-Cure-Beschichtungsstoffe enthalten mindestens einen der nachstehend beschriebenen thermisch härbaren und mindestens einen der nachstehend beschriebenen mit aktinischer Strahlung härbaren Bestandteile und/oder mindestens einen der nachstehend beschriebenen Dual-Cure-Bestandteile.

Werden thermisch selbstvernetzende Bindemittel (A) eingesetzt, enthalten die erfindungsgemäßen Dual-Cure-Beschichtungsstoffe mindestens einen der nachstehend beschriebenen mit aktinischer Strahlung härbaren Bestandteile und/oder der Dual-Cure-Bestandteile.

Werden thermisch fremdvernetzende Bindemittel (A) eingesetzt, enthalten die thermisch härbaren erfindungsgemäßen Beschichtungsstoffe noch mindestens einen der nachstehend beschriebenen thermisch härbaren Bestandteile, und die erfindungsgemäßen Dual-Cure-Beschichtungsstoffe enthalten mindestens einen der nachstehend beschriebenen thermisch härbaren und mindestens einen der nachstehend beschriebenen mit aktinischer Strahlung härbaren Bestandteile und/oder mindestens einen der nachstehend beschriebenen Dual-Cure-Bestandteile.

Werden mit aktinischer Strahlung härbare Bindemittel (A) eingesetzt, enthalten die erfindungsgemäßen Dual-Cure-Beschichtungsstoffe noch mindestens einen der nachstehend beschriebenen thermisch härbaren Bestandteile und/oder mindestens einen der nachstehend beschriebenen Dual-Cure-Bestandteile.

Beispiele geeigneter (Co)Polymerisate (A) sind (Meth)Acrylat(co)polymerisate oder partiell verseifte Polyvinylester, insbesondere (Meth)Acrylatcopolymerisate.

Beispiele geeigneter Polyadditionsharze und/oder Polykondensationsharze (A) sind Polyester, Alkyde, Polyurethane, Polyacitone, Polycarbonate, Polyether, Epoxidharz-Amin-Addukte, Polyhamstoffe, Polyamide, Polyimide, Polyester-Polyurethane, Polyether-  
5 Polyurethane oder Polyester-Polyether-Polyurethane, insbesondere Polyester.

Von diesen Bindemitteln (A) weisen die (Meth)Acrylatcopolymerisate und die Polyester, insbesondere die (Meth)Acrylatcopolymerisate, besondere  
10 Vorteile auf und werden deshalb besonders bevorzugt verwendet.

Der erfindungsgemäß zu verwendende Beschichtungsstoff enthält demnach bevorzugt mindestens ein, insbesondere ein, (Meth)Acrylatcopolymerisat (A) als Bindemittel. In manchen Fällen kann es  
15 aber vorteilhaft sein, mindestens zwei, insbesondere zwei, (Meth)Acrylatcopolymerisate (A) zu verwenden, die im Rahmen der nachstehend angegebenen bevorzugten Bereiche für OH-Zahl, Glasübergangstemperatur und zahlen- und massenmittleres Molekulargewicht ein unterschiedliches Eigenschaftsprofil aufweisen.

20

Das (Meth)Acrylatcopolymerisat (A) weist vorzugsweise

- eine OH-Zahl von 100 bis 220, bevorzugt 130 bis 200, besonders bevorzugt 140 bis 190 und insbesondere 145 bis 180 mg KOH/g,  
25
- eine Glasübergangstemperatur von -35 bis +60, insbesondere -20 bis +40°C,
- ein zahlenmittleres Molekulargewicht von 1.000 bis 10.000 Dalton,  
30 insbesondere 1.500 bis 5.000 Dalton, und

ein massenmittleres Molekulargewicht von 2.000 bis 40.000 Dalton, insbesondere 3.000 bis 20.000 Dalton, auf

Vorzugsweise enthält das (Meth)Acrylatcopolymerisat (A) eine seiner OH-Zahl entsprechende Menge an hydroxylgruppenhaltigen olefinisch ungesättigten Monomeren (a) einpolymerisiert, wovon

(a1) 20 bis 90, vorzugsweise 22 bis 85, bevorzugt 25 bis 80 und insbesondere 28 bis 75 Gew.-%, jeweils bezogen auf die hydroxylgruppenhaltigen Monomeren (a), aus der Gruppe, bestehend aus 4-Hydroxybutyl(meth)acrylat und 2-Alkyl-propan-1,3-diol-mono(meth)acrylaten, und

(a2) 20 bis 80, vorzugsweise 15 bis 78, bevorzugt 20 bis 75 und insbesondere 25 bis 72 Gew.-%, jeweils bezogen auf die hydroxylgruppenhaltigen Monomeren (a), aus der Gruppe, bestehend aus sonstigen hydroxylgruppenhaltigen olefinisch ungesättigten Monomeren,

ausgewählt werden.

Beispiele geeigneter 2-Alkyl-propan-1,3-diol-mono(meth)acrylate (a1) sind 2-Methyl-, 2-Ethyl-, 2-Propyl-, 2-Isopropyl- oder 2-n-Butyl-propan-1,3-diol-mono(meth)acrylat, wovon 2-Methyl-propan-1,3-diol-mono(meth)acrylat besonders vorteilhaft ist und bevorzugt verwendet wird.

Beispiele geeigneter sonstiger hydroxylgruppenhaltiger olefinisch ungesättigter Monomere (a2) sind Hydroxyalkylester, von olefinisch ungesättigten Carbon-, Sulfon- und Phosphonsäuren und sauren Phosphor- und Schwefelsäureestern, insbesondere Carbonsäuren, wie Acrylsäure, beta-Carboxyethylacrylat, Methacrylsäure, Ethacrylsäure und

Crotonsäure, insbesondere Acrylsäure und Methacrylsäure. Sie leiten sich von einem Alkylenglykol ab, der mit der Säure verestert ist, oder sie sind durch die Umsetzung der Säure mit einem Alkylenoxid wie Ethylenoxid oder Propylenoxid erhältlich. Bevorzugt werden die Hydroxyalkylester, in  
5 denen die Hydroxyalkylgruppe bis zu 20 Kohlenstoffatome enthält, verwendet, insbesondere, 2-Hydroxyethyl- oder 3-Hydroxypropylacrylat oder -methacrylat; 1,4-Bis(hydroxymethyl)cyclohexan- oder Octahydro-4,7-methano-1H-inden-dimethanolmonoacrylat oder -monomethacrylat; oder Umsetzungsprodukte aus cyclischen Estern, wie z.B. epsilon-  
10 Caprolacton und diesen Hydroxyalkylestern; oder olefinisch ungesättigte Alkohole wie Allylalkohol; oder Polyole, wie Trimethylolpropanmono- oder diallylether oder Pentaerythritmono-, -di- oder -triallylether; verwendet. Diese höherfunktionellen Monomeren (a2) werden im allgemeinen nur in untergeordneten Mengen eingesetzt. Im Rahmen der vorliegenden  
15 Erfindung sind hierbei unter untergeordneten Mengen an höherfunktionellen Monomeren (a2) solche Mengen zu verstehen, welche nicht zur Vernetzung oder Gelierung der (Meth)Acrylatcopolymerisate (A) führen, es sei denn, sie sollen in der Form von vernetzten Mikrogelteilchen vorliegen.

20

Des weiteren kommt ethoxylierter und/oder propoxylierter Allylalkohol, der von der Firma Arco Chemicals vertrieben wird, oder 2-Hydroxyalkylallylether, insbesondere 2-Hydroxyethylallylether, als Monomere (a2) in Betracht. Sofern verwendet, werden sie vorzugsweise  
25 nicht als alleinige Monomere (a2), sondern in einer Menge von 0,1 bis 10 Gew.-%, bezogen auf das (Meth)Acrylatcopolymerisat (A), eingesetzt

Des weiteren kommen Umsetzungsprodukte aus den vorstehend aufgeführten olefinisch undgesättigten Säuren, insbesondere Acrylsäure und/oder Methacrylsäure, mit dem Glycidylester einer in alpha-Stellung  
30 verzweigten Monocarbonsäure mit 5 bis 18 Kohlenstoffatomen je Molekül,

insbesondere eine Versatic®-Säure, oder anstelle der Umsetzungsprodukte eine äquivalenten Menge an den vorstehend aufgeführten olefinisch undgesättigten Säuren, insbesondere Acryl- und/oder Methacrylsäure, die dann während oder nach der  
5 Polymerisationsreaktion mit dem Glycidylester einer in alpha-Stellung verzweigten Monocarbonsäure mit 5 bis 18 C-Atomen je Molekül, insbesondere einer Versatic®-Säure (vgl. Römpp Lexikon Lacke und Druckfarben, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 1998, »Versatic®-Säuren«, Seiten 605 und 606), umgesetzt wird.

10

Nicht zuletzt sind Acryloxysilan-enthaltende Vinylmonomere als Monomere (a2) geeignet, die durch Umsetzung hydroxyfunktioneller Silane mit Epichlorhydrin und anschließender Umsetzung des Reaktionsproduktes mit (Meth)acrylsäure und/oder Hydroxyalkyl- und/oder  
15 -cycloalkylestern der (Meth)Acrylsäure und/oder weiterer Hydroxylgruppehaltiger Monomere (a1) und (a2) herstellbar sind.

Außer den Hydroxylgruppen können die thermisch und/oder mit aktinischer Strahlung härtbaren (Meth)acrylatcopolymerisate (A) im  
20 statistischen Mittel

(i) mindestens eine, insbesondere mindestens zwei, reaktive funktionelle Gruppe(n), die mit komplementären reaktiven funktionellen Gruppen thermisch initiierte Vernetzungsreaktionen  
25 eingehen können, und/oder

(ii) mindestens eine, insbesondere mindestens zwei, reaktive funktionelle Gruppe(n) mit mindestens einer, insbesondere einer, mit aktinischer Strahlung aktivierbaren Bindung

30

im Molekül enthalten.

Beispiele geeigneter erfindungsgemäß zu verwendender komplementärer reaktiver funktioneller Gruppen (i) sind in der folgenden Übersicht zusammengestellt. In der Übersicht steht die Variable R für einen  
 5 acyclischen oder cyclischen aliphatischen, einen aromatischen und/oder einen aromatisch-aliphatischen (araliphatischen) Rest; die Variablen R und R' stehen für gleiche oder verschiedene aliphatische Reste oder sind miteinander zu einem aliphatischen oder heteroaliphatischen Ring verknüpft

10

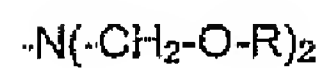
**Übersicht: Beispiele komplementärer reaktiver funktioneller Gruppen (i) für die thermische Vernetzung**

**Bindemittel und Vernetzungsmittel**  
 15 **oder**  
**Vernetzungsmittel und Bindemittel**

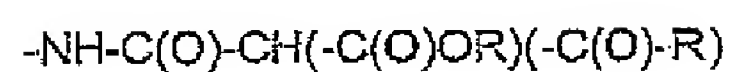
-SH	-C(O)-OH
20 -NH <sub>2</sub>	-C(O)-O-C(O)-
-O-(CO)-NH-(CO)-NH <sub>2</sub>	-NCO
-O-(CO)-NH <sub>2</sub>	-NH-C(O)-OR
25 >NH	-CH <sub>2</sub> -OH
	-CH <sub>2</sub> -O-R
30	-NH-CH <sub>2</sub> -O-R



21



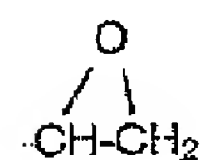
5



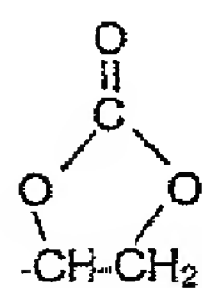
10



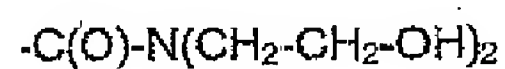
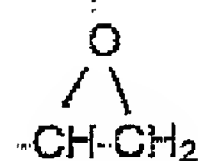
15



20



25



- 30 Die Auswahl der jeweiligen komplementären reaktiven funktionellen Gruppen (i) richtet sich zum einen danach, daß sie bei der Herstellung der Bindemittel (A) sowie bei der Herstellung, der Lagerung, der Applikation

und dem Härungsprozeß keine unerwünschten Reaktionen, insbesondere keine vorzeitige Vernetzung, eingehen und/oder die Härtung mit aktinischer Strahlung nicht stören oder inhibieren dürfen, und zum anderen danach, in welchem Temperaturbereich die Vernetzung  
5 stattfinden soll.

Vorzugsweise werden die komplementären reaktiven funktionellen Gruppen (i) zum einen aus der Gruppe, bestehend aus Hydroxy-, Thiol-, Amino-, N-Methylolamino-, N-Alkoxyethylamino-, Imino-, Carbamat-,  
10 Allophanat- und/oder Carboxylgruppen, und zum anderen aus der Gruppe bestehend aus Anhydrid-, Carboxyl-, Epoxy-, blockierten und unblockierten Isocyanat-, Urethan-, Alkoxyethylamino- Methylol-, Methyloläther-, Carbonat-, Amino- und/oder beta-Hydroxyalkylamidgruppen, ausgewählt.

15 Selbstvernetzende Bindemittel (A) enthalten insbesondere Methylol-, Methyloläther- und/oder N-Alkoxyethylaminogruppen (i)

Die komplementären reaktiven funktionellen Gruppen (i) können mit Hilfe  
20 der nachstehend beschriebenen olefinisch ungesättigten Monomeren (a3), die die betreffenden reaktiven funktionellen Gruppen (i) enthalten, oder durch polymeranaloge Reaktionen in die (Meth)Acrylatcopolymerisate eingeführt werden.

25 Beispiele geeigneter olefinisch ungesättigter Monomere (a3) sind

(a31) Monomere, welche mindestens eine Aminogruppe pro Molekül tragen, wie

30 Aminoethylacrylat, Aminoethylmethacrylat, Allylamin oder N-Methyliminoethylacrylat; und/oder

(a32) Monomere, welche mindestens eine Säuregruppe pro Molekül tragen, wie

- 5 - Acrylsäure, beta-Carboxyethylacrylat, Methacrylsäure, Ethacrylsäure, Crotonsäure, Maleinsäure, Fumarsäure oder Itaconsäure;
- 10 - olefinisch ungesättigte Sulfon- oder Phosphonsäuren oder deren Teilester;
- 15 - Maleinsäuremono(meth)acryloyloxyethylester, Bernsteinsäuremono(meth)acryloyloxyethylester oder Phthalsäuremono(meth)acryloyloxyethylester; oder
- 20 - Vinylbenzoesäure (alle Isomere), alpha-Methylvinylbenzoesäure (alle Isomere) oder Vinylbenzolsulfonsäure (alle Isomere).

(a33) Epoxidgruppen enthaltende Monomere wie der Glycidylester der

25 Acrylsäure, Methacrylsäure, Ethacrylsäure, Crotonsäure, Maleinsäure, Fumarsäure oder Itaconsäure oder Allylglycidylether.

Ein Beispiel zur Einführung reaktiver funktioneller Gruppen (i) über polymeranaloge Reaktionen ist die Umsetzung eines Teils der im

25 Bindemittel (A) vorhandenen Hydroxylgruppen mit Phosgen, wodurch Chlorformiatgruppen enthaltende Harze resultieren, und die polymeranaloge Umsetzung der Chlorformiatgruppen enthaltenden Harze mit Ammoniak und/oder primären und/oder sekundären Aminen zu Carbamatgruppen enthaltenden Bindemitteln (A). Weitere Beispiele

30 geeigneter Methoden dieser Art sind aus den Patentschriften US 4,758,632 A 1, US 4,301,257 A 1 oder US 2,979,514 A 1 bekannt.

Außerdem ist es möglich, Carboxylgruppen durch die polymeranaloge Reaktion eines Teils der Hydroxylgruppen mit Carbonsäureanhydriden, wie Maleinsäureanhydrid oder Phthalsäureanhydrid, einzuführen.

- 5 Darüber hinaus können die (Meth)Acrylatcopolymerisate (A) noch mindestens ein olefinisch ungesättigtes Monomer (a4) enthalten, das im wesentlichen oder völlig frei von reaktiven funktionellen Gruppen ist, wie:

Monomere (a41):

- 10 Im wesentlichen säuregruppenfreie (Meth)acrylsäureester wie (Meth)Acrylsäurealkyl- oder -cycloalkylester mit bis zu 20 Kohlenstoffatomen im Alkylrest, insbesondere Methyl-, Ethyl-, n-Propyl-, n-Butyl-, sec-Butyl-, tert-Butyl-, Hexyl-, Ethylhexyl-, Stearyl- und Laurylacrylat oder -methacrylat; cycloaliphatische (Meth)acrylsäureester, 15 insbesondere Cyclohexyl-, Isobornyl-, Dicyclopentadienyl-, Octahydro-4,7-methano-1H-inden-methanol- oder tert-Butylcyclohexyl(meth)acrylat; (Meth)Acrylsäureoxaalkylester oder -oxacycloalkylester wie Ethoxytriglykol(meth)acrylat und Methoxyoligoglykol(meth)acrylat mit einem Molekulargewicht Mn von vorzugsweise 550 oder andere 20 ethoxylierte und/oder propoxylierte hydroxylgruppenfreie (Meth)Acrylsäurederivate (weitere Beispiele geeigneter Monomere (31) dieser Art sind aus der Offenlegungsschrift DE 196 25 773 A 1, Spalte 3, Zeile 65, bis Spalte 4, Zeile 20, bekannt). Diese können in untergeordneten Mengen höherfunktionelle (Meth)Acrylsäurealkyl- oder - 25 cycloalkylester wie Ethylenglykol-, Propylenglykol-, Diethylenglykol-, Dipropylenglykol-, Butylenglykol-, Pentan-1,5-diol-, Hexan-1,6-diol-, Octahydro-4,7-methano-1H-inden-dimethanol- oder Cyclohexan-1,2-, -1,3- oder -1,4-diol-di(meth)acrylat, Trimethylolpropan-di- oder -tri(meth)acrylat; oder Pentaerythrit-di-, -tri- oder -tetra(meth)acrylat enthalten. Rahmen 30 der vorliegenden Erfindung sind hierbei unter untergeordneten Mengen an höherfunktionellen Monomeren (a41) solche Mengen zu verstehen,

welche nicht zur Vernetzung oder Geilerung der Copolymerisate führen, es sei denn, sie sollen in der Form von vernetzten Mikrogeleilchen vorliegen

5 Monomere (a42):

Vinylester von in alpha-Stellung verzweigten Monocarbonsäuren mit 5 bis 18 C-Atomen im Molekül. Die verzweigten Monocarbonsäuren können erhalten werden durch Umsetzung von Ameisensäure oder Kohlenmonoxid und Wasser mit Olefinen in Anwesenheit eines flüssigen, stark sauren Katalysators; die Olefine können Crack-Produkte von paraffinischen Kohlenwasserstoffen, wie Mineralölfraktionen, sein und können sowohl verzweigte wie geradkettige acyclische und/oder cycloaliphatische Olefine enthalten. Bei der Umsetzung solcher Olefine mit Ameisensäure bzw. mit Kohlenmonoxid und Wasser entsteht ein Gemisch aus Carbonsäuren, bei denen die Carboxylgruppen vorwiegend an einem quaternären Kohlenstoffatom sitzen. Andere olefinische Ausgangsstoffe sind z.B. Propylentriener, Propylentetramer und Diisobutylene. Die Vinylester können aber auch auf an sich bekannte Weise aus den Säuren hergestellt werden, z.B. indem man die Säure mit Acetylen reagieren läßt. Besonders bevorzugt werden - wegen der guten Verfügbarkeit - Vinylester von gesättigten aliphatischen Monocarbonsäuren mit 9 bis 11 C-Atomen, die am alpha-C-Atom verzweigt sind, eingesetzt. Vinylester dieser Art werden unter der Marke VeoVa® vertrieben (vgl. auch Römpp Lexikon Lacke und Druckfarben, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 1998, Seite 598).

Monomere (a43):

Diarylethylene, insbesondere solche der allgemeinen Formel I:



worin die Reste  $R^3$ ,  $R^4$ ,  $R^5$  und  $R^6$  jeweils unabhängig voneinander für Wasserstoffatome oder substituierte oder unsubstituierte Alkyl-, Cycloalkyl-, Alkylcycloalkyl-, Cycloalkylalkyl-, Aryl-, Alkylaryl-, Cycloalkylaryl-, Arylalkyl- oder Arylcycloalkylreste stehen, mit der

5 Maßgabe, daß mindestens zwei der Variablen  $R^3$ ,  $R^4$ ,  $R^5$  und  $R^6$  für substituierte oder unsubstituierte Aryl-, Arylalkyl- oder Arylcycloalkylreste, insbesondere substituierte oder unsubstituierte Arylreste, stehen. Beispiele geeigneter Alkylreste sind Methyl, Ethyl, Propyl, Isopropyl, n-Butyl, iso-Butyl, tert-Butyl, Amyl, Hexyl oder 2-Ethylhexyl. Beispiele

10 geeigneter Cycloalkylreste sind Cyclobutyl, Cyclopentyl oder Cyclohexyl. Beispiele geeigneter Alkylcycloalkylreste sind Methylencyclohexan, Ethylencyclohexan oder Propan-1,3-diyl-cyclohexan. Beispiele geeigneter Cycloalkylalkylreste sind 2-, 3- oder 4-Methyl-, -Ethyl-, -Propyl- oder -Butylcyclohex-1-yl. Beispiele geeigneter Arylreste sind Phenyl, Naphthyl

15 oder Biphenyl, vorzugsweise Phenyl und Naphthyl und insbesondere Phenyl. Beispiele geeigneter Alkylarylreste sind Benzyl oder Ethylen- oder Propan-1,3-diyl-benzol. Beispiele geeigneter Cycloalkylarylreste sind 2-, 3- oder 4-Phenylcyclohex-1-yl. Beispiele geeigneter Arylalkylreste sind 2-, 3- oder 4-Methyl-, -Ethyl-, -Propyl- oder -Butylphen-1-yl. Beispiele geeigneter

20 Arylcycloalkylreste sind 2-, 3- oder 4-Cyclohexylphen-1-yl. Vorzugsweise handelt es sich bei den Arylresten  $R^3$ ,  $R^4$ ,  $R^5$  und/oder  $R^6$  um Phenyl- oder Naphthylreste, insbesondere Phenylreste. Die in den Resten  $R^3$ ,  $R^4$ ,  $R^5$  und/oder  $R^6$  gegebenenfalls vorhandenen Substituenten sind elektronenziehende oder elektronenschiebende Atome oder organische

25 Reste, insbesondere Halogenatome, Nitril-, Nitro-, partiell oder vollständig halogenierte Alkyl-, Cycloalkyl-, Alkylcycloalkyl-, Cycloalkylalkyl-, Aryl-, Alkylaryl-, Cycloalkylaryl-, Arylalkyl- und Arylcycloalkylreste; Aryloxy-, Alkylloxy- und Cycloalkylloxyreste; und/oder Arylthio-, Alkylthio- und Cycloalkylthioreste. Besonders vorteilhaft sind Diphenylethylen,

30 Dinaphthalinethylen, cis- oder trans- Stilben oder Vinyliden-bis(4-nitrobenzol), insbesondere Diphenylethylen (DPE), weswegen sie

bevorzugt verwendet werden. Im Rahmen der vorliegenden Erfindung werden die Monomeren (b33) eingesetzt, um die Copolymerisation in vorteilhafter Weise derart zu regeln, daß auch eine radikalische Copolymerisation in Batch-Fahrweise möglich ist

5

Monomere (a44):

Vinylaromatische Kohlenwasserstoffe wie Styrol, Vinyltoluol, Diphenylethylen oder alpha-Alkylstyrole, insbesondere alpha-Methylstyrol.

10 Monomere (a45):

Nitrile wie Acrylnitril und/oder Methacrylnitril.

Monomere (a46):

Vinylverbindungen, insbesondere Vinyl- und/oder Vinylidendihalogenide  
15 wie Vinylchlorid, Vinylfluorid, Vinylidendichlorid oder Vinylidendifluorid; N-Vinylamide wie Vinyl-N-methylformamid, N-Vinylcaprolactam oder N-Vinylpyrrolidon; 1-Vinylimidazol; Vinylether wie Ethylvinylether, n-Propylvinylether, Isopropylvinylether, n-Butylvinylether, Isobutylvinylether und/oder Vinylcyclohexylether; und/oder Vinylester wie Vinylacetat,  
20 Vinylpropionat, Vinylbutyrat, Vinylpivalat und/oder der Vinylester der 2-Methyl-2-ethylheptansäure.

Monomere (a47):

Allylverbindungen, insbesondere Allylether und -ester wie Allylmethyl-, -  
25 ethyl-, -propyl- oder -butylether oder Allylacetat, -propionat oder -butyrat.

Monomere (a48):

Polysiloxanmakromonomere, die ein zahlenmittleres Molekulargewicht  $M_n$  von 1.000 bis 40.000 und im Mittel 0,5 bis 2,5 ethylenisch ungesättigte  
30 Doppelbindungen pro Molekül aufweisen; insbesondere Polysiloxanmakromonomere, die ein zahlenmittleres Molekulargewicht  $M_n$



von 2.000 bis 20.000, besonders bevorzugt 2.500 bis 10.000 und insbesondere 3.000 bis 7.000 und im Mittel 0,5 bis 2,5, bevorzugt 0,5 bis 1,5, ethylenisch ungesättigte Doppelbindungen pro Molekül aufweisen, wie sie in der DE 38 07 571 A 1 auf den Seiten 5 bis 7, der DE 37 06 095 A 1 in den Spalten 3 bis 7, der EP 0 358 153 B 1 auf den Seiten 3 bis 6, in der US 4,754,014 A 1 in den Spalten 5 bis 9, in der DE 44 21 823 A 1 oder in der internationalen Patentanmeldung WO 92/22615 auf Seite 12, Zeile 18, bis Seite 18, Zeile 10, beschrieben sind.

- 10 Die Monomeren (a1) und (a2) sowie (a3) und/oder (a4) werden so ausgewählt, daß die vorstehend angegebenen OH-Zahlen und Glasübergangstemperaturen resultieren. Außerdem werden die Monomeren (a3), die reaktive funktionelle Gruppen (i) enthalten, nach Art und Menge so ausgewählt, daß sie die Vernetzungsreaktionen der
- 15 Hydroxylgruppen mit den nachstehend beschriebenen Verbindungen (C) nicht inhibieren oder völlig verhindern.

Die Auswahl der Monomeren (a) zur Einstellung der Glasübergangstemperaturen kann vom Fachmann unter Zuhilfenahme der folgenden Formel von Fox, mit der die Glasübergangstemperaturen von Poly(meth)acrylaten näherungsweise berechnet werden können, vorgenommen werden:

$$n = x$$

$$25 \quad 1/T_g = \sum_{n=1} W_n / T_{g_n}; \quad \sum_n W_n = 1$$

$$n = 1$$

- T<sub>g</sub> = Glasübergangstemperatur des Poly(meth)acrylats;
- W<sub>n</sub> = Gewichtsanteil des n-ten Monomers;
- 30 T<sub>g<sub>n</sub></sub> = Glasübergangstemperatur des Homopolymers aus dem n-ten Monomer und

x = Anzahl der verschiedenen Monomeren.

Die Herstellung der bevorzugt zu verwendenden (Meth)Acrylatcopolymerisate (A) weist keine verfahrenstechnischen Besonderheiten auf, sondern erfolgt mit Hilfe der auf dem Kunststoffgebiet üblichen und bekannten Methoden der kontinuierlichen oder diskontinuierlichen radikalisch initiierten Copolymerisation in Masse, Lösung, Emulsion, Miniemulsion oder Mikroemulsion unter Normaldruck oder Überdruck in Rührkesseln, Autoklaven, Rohrreaktoren, Schlaufenreaktoren oder Taylorreaktoren bei Temperaturen von vorzugsweise 50 bis 200°C.

Beispiele geeigneter Copolymerisationsverfahren werden in den Patentanmeldungen DE 197 09 465 A 1, DE 197 09 476 A 1, DE 28 48 906 A 1, DE 195 24 182 A 1, DE 198 28 742 A 1, DE 196 28 143 A 1, DE 196 28 142 A 1, EP 0 554 783 A 1, WO 95/27742, WO 82/02387 oder WO 98/02466 beschrieben. Die Copolymerisation kann indes auch in Polyolen (thermisch härtbare Reaktivverdünner) als Reaktionsmedium durchgeführt werden, wie dies beispielsweise in der deutschen Patentanmeldung DE 198 50 243 A 1 beschrieben wird.

Beispiele geeigneter radikalischer Initiatoren sind Dialkylperoxide, wie Di-tert.-Butylperoxid oder Dicumylperoxid; Hydroperoxide, wie Cumolhydroperoxid oder tert.-Butylhydroperoxid; Perester, wie tert.-Butylperbenzoat, tert.-Butylperpivalat, tert.-Butylper-3,5,5-trimethylhexanoat oder tert.-Butylper-2-ethylhexanoat; Peroxodicarbonate; Kalium-, Natrium- oder Ammoniumspoxodisulfat; Azoinitiatoren, beispielsweise Azodinitrile wie Azobisisobutyronitril; C-C-spaltende Initiatoren wie Benzpinakolsilylether; oder eine Kombination eines nicht oxidierenden Initiators mit Wasserstoffperoxid. Es können auch Kombinationen der vorstehend beschriebenen Initiatoren eingesetzt werden.

Weitere Beispiele geeigneter Initiatoren werden in der deutschen Patentanmeldung DE 196 28 142 A 1, Seite 3, Zeile 49, bis Seite 4, Zeile 6, beschrieben.

5

Vorzugsweise werden vergleichsweise große Mengen an radikalischem Initiator zugegeben, wobei der Anteil des Initiators am Reaktionsgemisch, jeweils bezogen auf die Gesamtmenge der Monomeren (a) und des Initiators, besonders bevorzugt 0,2 bis 20 Gew.-%, ganz besonders  
10 bevorzugt 0,5 bis 15 Gew.-% und insbesondere 1,0 bis 10 Gew.-% beträgt.

Des weiteren können Thiocarbonylthio-Verbindungen oder Mercaptane wie Dodecylmercaptan als Kettenübertragungsmittel oder  
15 Molekulargewichtsregler verwendet werden.

Vorzugsweise werden die (Meth)Acrylacopolymerisate (A) nach Art und Menge so ausgewählt, daß die erfindungsgemäßen Beschichtungsstoffe nach ihrer Aushärtung einen Speichermodul  $E'$  im gummielastischen  
20 Bereich von mindestens  $10^{7,5}$  Pa und einen Verlustfaktor  $\tan \delta$  bei 20 °C von maximal 0,10 aufweisen, wobei der Speichermodul  $E'$  und der Verlustfaktor mit der Dynamisch-Mechanischen Thermo-Analyse an freien Filmen mit einer Schichtdicke von  $40 \pm 10 \mu\text{m}$  gemessen werden (vgl. hierzu das deutsche Patent DE 197 09 467 C 2).

25

Die Bindemittel (A) können reaktive funktionelle Gruppen (ii) mit mindestens einer mit aktinischer Strahlung aktivierbaren Bindung enthalten. Beispiele geeigneter Gruppen (ii) sind die vorstehend bei der allgemeinen Formel I beschriebenen reaktiven funktionellen Gruppen S.  
30 Sind in den erfindungsgemäßen Dual-Cure-Beschichtungsstoffen außer den Nanopartikeln (B) keine weiteren mit aktinischer Strahlung härtbaren

Bestandteile enthalten, weisen die (Meth)Acrylatcopolymerisate (A) obligatorisch diese Gruppen S auf

Das Dual-Cure-Bindemittel (A) enthält im statistischen Mittel mindestens  
5 eine der Gruppen S. Dies bedeutet, daß die Funktionalität des Bindemittels (A) in dieser Hinsicht ganzzahlig, d.h., beispielsweise gleich zwei, drei, vier, fünf oder mehr ist, oder nicht ganzzahlig, d.h., beispielsweise gleich 2,1 bis 10,5 oder mehr ist.

10 Werden im statistischen Mittel mehr als eine Gruppe S pro Molekül angewandt, sind die Gruppen S strukturell voneinander verschieden oder von gleicher Struktur.

Sind sie strukturell voneinander verschieden, bedeutet dies im Rahmen  
15 der vorliegenden Erfindung, daß zwei, drei, vier oder mehr, insbesondere aber zwei, mit aktinischer Strahlung aktivierbare Gruppen S verwendet werden, die sich von zwei, drei, vier oder mehr, insbesondere aber zwei, Monomerklassen ableiten

20 Vorzugsweise sind die Gruppen S über Urethan-, Harnstoff-, Aliophanat-, Ester-, Ether- und/oder Amidgruppen, insbesondere aber über Estergruppen, an die jeweiligen Grundstrukturen der Bindemittel (A) gebunden. Üblicherweise geschieht dies durch übliche und bekannte polymeranaloge Reaktionen wie etwa die Reaktion von seitenständigen  
25 Glycidylgruppen mit den vorstehend beschriebenen olefinisch ungesättigten Monomeren, die eine Säuregruppe enthalten, von seitenständigen Hydroxylgruppen mit den Halogeniden dieser Monomeren, von Hydroxylgruppen mit Doppelbindungen enthaltenden Isocyanaten wie Vinylisocyanat, Methacryloylisocyanat und/oder 1-(1-  
30 isocyanato-1-methylethyl)-3-(1-methylethenyl)-benzol (TMI® der Firma

CYTEC) oder von Isocyanatgruppen mit den vorstehend beschriebenen hydroxylgruppenhaltigen Monomeren (a1) und/oder (a2).

Der Gehalt der erfindungsgemäßen Beschichtungsstoffe an den  
5 Bindemitteln (A) kann breit variieren und richtet sich in erster Linie nach der Funktionalität der Bindemittel (A) einerseits und der ggf. vorhandenen, nachstehend beschriebenen Verbindungen (C) andererseits. Vorzugsweise liegt der Gehalt, bezogen auf den Festkörper des erfindungsgemäßen Beschichtungsstoffs, bei 20 bis 99,8, bevorzugt 25 bis  
10 95, besonders bevorzugt 30 bis 90, ganz besonders bevorzugt 35 bis 85 und insbesondere 40 bis 80 Gew.-%.

Je nachdem, ob die Bindemittel (A) physikalisch, thermisch, mit aktinischer Strahlung oder thermisch und mit aktinischer Strahlung härtbar sind,  
15 enthalten die erfindungsgemäßen Beschichtungsstoffe obligatorisch noch mindestens einen Bestandteil, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus niedermolekularen sowie von den (Meth)Acrylatcopolymerisaten (A) verschiedenen, oligomeren und polymeren Verbindungen (C), die im statistischen Mittel

20

(i) mindestens eine, vorzugsweise mindestens zwei, der vorstehend beschriebenen reaktiven funktionellen Gruppen, die mit komplementären reaktiven funktionellen Gruppen, insbesondere Hydroxylgruppen, thermisch initiierte Vernetzungsreaktionen  
25 eingehen können, und/oder

(ii) mindestens eine, vorzugsweise mindestens zwei, der vorstehend beschriebenen reaktiven funktionellen Gruppen mit mindestens einer mit aktinischer Strahlung aktivierbaren Bindung, d.h.  
30 mindestens eine Gruppe S,

im Molekül aufweisen, oder die erfindungsgemäßen Beschichtungsstoffe können diese Verbindungen (C) enthalten. Der Fachmann kann die geeigneten Kombinationen der Bestandteile in einfacher Weise anhand der bei den Bindemitteln (A) aufgeführten Regeln festlegen.

5

Geeignete niedermolekulare sowie von den Bindemitteln (A) verschiedene polymere und oligomere Verbindungen (C) mit reaktiven funktionellen Gruppen (I) für die thermische Vernetzung sind übliche und bekannte Vernetzungsmittel, wie sie beispielsweise aus der deutschen

10 Patentanmeldung DE 199 24 171 A 1, Seite 7, Zeile 38, bis Seite 8, Zeile 46, i.V.m. Seite 3, Zeile 43, bis Seite 5, Zeile 31, bekannt sind. Vorzugsweise werden blockierte, partiell blockierte oder unblockierte Polyisocyanate angewandt.

- 15 Beispiele geeigneter niedermolekularer, oligomerer und/oder polymerer Verbindungen (C) mit mindestens einer Gruppe S werden im Detail in Römpp Lexikon Lacke und Druckfarben, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 1998, »Reaktivverdünner« Seiten 491 und 492, in der deutschen Patentanmeldung DE 199 08 013 A 1, Spalte 6, Zeile 63, bis
- 20 Spalte 8, Zeile 65, in der deutschen Patentanmeldung DE 199 08 018 A 1, Seite 11, Zeilen 31 bis 33, in der deutschen Patentanmeldung DE 198 18 735 A 1, Spalte 7, Zeilen 1 bis 35, oder dem deutschen Patent DE 197 09 467 C 1, Seite 4, Zeile 36, bis Seite 5, Zeile 56, beschrieben. Vorzugsweise werden Pentaerythritetraacrylat und/oder aliphatische
- 25 Urethanacrylate mit sechs Acrylatgruppen im Molekül eingesetzt.

- Die erfindungsgemäßen Beschichtungsstoffe können an Stelle der vorstehend beschriebenen Verbindungen (C) oder zusätzlich zu diesen, mindestens eine, insbesondere mindestens zwei, niedermolekulare,
- 30 oligomere und/oder polymere Verbindung(en) (C) mit mindestens einer, insbesondere mindestens zwei, Gruppe(n) (i) und mindestens einer,

insbesondere mindestens zwei, Gruppe(n) S enthalten. Beispiele geeigneter Verbindungen (C) dieser Art werden im Detail in der europäischen Patentanmeldung EP 0 928 800 A 1, Seite 3, Zeilen 17 bis 54, und Seite 4, Zeilen 41 bis 54, oder in der deutschen Patentanmeldung  
5 DE 198 18 735 A 1, Spalte 3, Zeile 16, bis Spalte 6, Zeile 33, beschrieben. Vorzugsweise werden Dipentaerythritpentaacrylat oder Isocyanatoacrylate, die aus Polyisocyanaten und den vorstehend beschriebenen hydroxylgruppenhaltigen Monomeren (a1) und/oder (a2) herstellbar sind, verwendet.

10

Die erfindungsgemäßen Beschichtungsstoffe enthalten vorzugsweise mindestens einen Photoinitiator, vorzugsweise mindestens zwei und insbesondere drei Photoinitiatoren (D) in einer Menge von 0,2 bis 5, vorzugsweise 0,3 bis 4,8, bevorzugt 0,4 bis 4,6, besonders bevorzugt 0,5  
15 bis 4,5 und insbesondere 0,5 bis 4,3 Gew.-%, jeweils bezogen auf den Festkörper des erfindungsgemäßen Beschichtungsstoffs.

Beispiele geeigneter Photoinitiatoren (D) werden in Römpp Lexikon Lacke und Druckfarben, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 1998, Seiten  
20 444 bis 446, beschrieben.

Photoinitiatoren (D) sind handelsübliche Verbindungen und werden beispielsweise von der Firma BASF Aktiengesellschaft unter der Marke LUCIRIN®, von der Firma Ciba Specialty Chemicals unter der Marke  
25 IRGACURE® oder von der Firma Rahn unter der Marke LUCIRIN® vertrieben.

Darüber hinaus können die erfindungsgemäßen Beschichtungsstoffe noch mindestens einen Zusatzstoff (E), ausgewählt aus der Gruppe, bestehend  
30 aus thermisch härtbaren Reaktivverdünnern; molekulardispers löslichen Farbstoffen; Lichtschutzmitteln, wie UV-Absorber und reversible



Radikalfänger (HALS); Antioxidantien; niedrig- und hochsiedenden ("lange") organischen Lösemitteln; Entlüftungsmitteln; Netzmitteln; Emulgatoren; Slipadditiven; Polymerisationsinhibitoren; Katalysatoren für die thermische Vernetzung; thermolabilen radikalischen Initiatoren; 5 Haftvermittlern; Verlaufsmitteln; filmbildenden Hilfsmitteln; Rheologiehilfsmitteln, wie Verdicker und strukturviskose Sag control agents, SCA; Flammenschutzmitteln; Korrosionsinhibitoren; Rieselhilfen; Wachsen; Sikkativen; Bioziden und Mattierungsmitteln, enthalten.

- 10 Beispiele geeigneter Zusatzstoffe (E) werden im Detail in dem Lehrbuch »Lackadditive« von Johan Bieleman, Wiley-VCH, Weinheim, New York, 1998, in D. Stoye und W. Freitag (Editors), »Paints, Coatings and Solvents«, Second, Completely Revised Edition, Wiley-VCH, Weinheim, New York, 1998, »14.9. Solvent Groups«, Seiten 327 bis 373, in der 15 deutschen Patentanmeldung DE 199 14 896 A 1, Spalte 14, Seite 26, bis Spalte 15, Zeile 46, oder in der deutschen Patentanmeldung DE 199 08 018 A 1, Seite 9, Zeile 31, bis Seite 8, Zeile 30, im Detail beschrieben. Ergänzend wird noch auf die deutschen Patentanmeldungen DE 199 04 317 A 1 und DE 198 55 125 A 1 verwiesen.

20

Die erfindungsgemäßen Beschichtungsstoffe, die die vorstehend beschriebenen Bestandteile (A) und (B) sowie ggf. (C), (D) und/oder (E) enthalten, werden insbesondere als erfindungsgemäße Klarlacke für die Herstellung von Klarlackierungen verwendet.

25

Die pigmentierten erfindungsgemäßen Beschichtungsstoffe enthalten darüber hinaus noch mindestens ein Pigment (F), ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus organischen und anorganischen, transparenten und deckenden, farb- und/oder effektgebenden, elektrisch leitfähigen, 30 magentisch abschirmenden und fluoreszierenden Pigmenten, Füllstoffen und von den Nanopartikeln (B) verschiedenen Nanopartikeln.

Die pigmentierten erfindungsgemäßen Beschichtungsstoffe werden insbesondere als erfindungsgemäße Füller, Basislacke und Unidecklacke zur Herstellung von erfindungsgemäßen Füllierlackierungen oder  
5 Steinschlagschutzgrundierungen, Basislackierungen und Unidecklackierungen eingesetzt.

Werden ausschließlich nicht deckende, transparente Pigmente (F), insbesondere Nanopartikel (F), verwendet, können die pigmentierten  
10 erfindungsgemäßen Beschichtungsstoffe auch als Klarlacke verwendet werden.

Methodisch weist die Herstellung der erfindungsgemäßen Beschichtungsstoffe keine Besonderheiten auf, sondern erfolgt durch das  
15 Vermischen und Homogenisieren der vorstehend beschriebenen Bestandteile mit Hilfe üblicher und bekannter Mischverfahren und Vorrichtungen wie Rührkessel, Rührwerksmühlen, Extruder, Knetter, Ultraturrax, In-line-Dissolver, statische Mischer, Zahnkranzdispergatoren, Druckentspannungsdüsen und/oder Microfluidizer vorzugsweise unter  
20 Ausschluß von aktinischer Strahlung.

Die resultierenden erfindungsgemäßen Beschichtungsstoffe können konventionelle, organische Lösemittel enthaltende Beschichtungsstoffe, wäßrige Beschichtungsstoffe, im wesentlichen oder völlig lösemittel- und  
25 wasserfreie flüssige Beschichtungsstoffe (100%-Systeme), im wesentlichen oder völlig lösemittel- und wasserfreie feste Beschichtungsstoffe (Pulverlacke) oder im wesentlichen oder völlig lösemittelfreie Pulverlack suspensionen (Pulverslurries) sein. Außerdem können sie Einkomponentensysteme, in denen die Bindemittel (A) und die  
30 Vernetzungsmittel (C) nebeneinander vorliegen, oder Zwei- oder Mehrkomponentensysteme, in denen die Bindemittel (A) und die

Vernetzungsmittel (C) bis kurz vor der Applikation getrennt voneinander vorliegen, sein.

Methodisch weist die Applikation der im erfindungsgemäßen Verfahren zu  
5 verwendenden Beschichtungsstoffe keine Besonderheiten auf, sondern  
kann durch alle üblichen und bekannten, für den jeweiligen  
Beschichtungsstoff geeigneten Applikationsmethoden, wie z.B.  
Elektrotauchlackieren, Spritzen, Sprühen, Rakeln, Streichen, Gießen,  
Tauchen, Träufeln oder Walzen erfolgen. Vorzugsweise werden  
10 Spritzapplikationsmethoden angewandt, wie zum Beispiel  
Druckluftspritzen, Airless-Spritzen, Hochrotation, elektrostatischer  
Sprühauftrag (ESTA), gegebenenfalls verbunden mit Heißspritzapplikation  
wie zum Beispiel Hot-Air – Heißspritzen, es sei denn es handelt sich um  
Pulverlacke.

15 Auch die Applikation der Pulverlacke weist keine methodischen  
Besonderheiten auf, sondern erfolgt beispielsweise nach den üblichen und  
bekannten Wirbelschichtverfahren, wie sie beispielsweise aus den  
Firmenschriften von BASF Coatings AG, »Pulverlacke für industrielle  
20 Anwendungen«, Januar 2000, oder »Coatings Partner, Pulverlack  
Spezial«, 1/2000, oder Römpf Lexikon Lacke und Druckfarben, Georg  
Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 1998, Seiten 187 und 188,  
»Elektrostatisches Pulversprühen«, »Elektrostatisches Sprühen« und  
»Elektrostatisches Wirbelbadverfahren«, bekannt sind.

25 Bei der Applikation der erfindungsgemäßen Dual-Cure-  
Beschichtungsstoffe empfiehlt es sich unter Ausschluß von aktinischer  
Strahlung zu arbeiten, um eine vorzeitige Vernetzung der  
erfindungsgemäßen Beschichtungsstoffe zu vermeiden.

Die Härtung der erfindungsgemäßen Beschichtungsstoffe erfolgt im allgemeinen nach einer gewissen Ruhezeit oder Abluftzeit. Sie kann eine Dauer von 5 s bis 2 h, vorzugsweise 1 min bis 1 h und insbesondere 1 bis 45 min haben. Die Ruhezeit dient beispielsweise zum Verlauf und zur Entgasung der Lackschichten und zum Verdunsten von flüchtigen Bestandteilen wie gegebenenfalls vorhandenem Lösemittel und/oder Wasser. Die Abluftung kann durch eine erhöhte Temperatur, die zu einer Härtung noch nicht ausreicht, und/oder durch eine reduzierte Luftfeuchtigkeit beschleunigt werden.

10

Diese Verfahrensmaßnahme kann bei Naß-in-naß-Verfahren auch zur Trocknung der applizierten Lackschichten, insbesondere Elektrotauchlackschichten, Füllerschichten und/oder Basislackschichten, angewandt werden, die nicht oder nur partiell gehärtet werden sollen.

15

Die thermische Härtung erfolgt beispielsweise mit Hilfe eines gasförmigen, flüssigen und/oder festen, heißen Mediums, wie heiße Luft, erhitztes Öl oder erhitzte Walzen, oder von Mikrowellenstrahlung, Infrarotlicht und/oder nahem Infrarotlicht (NIR). Vorzugsweise erfolgt das Erhitzen in einem Umluftofen oder durch Bestrahlen mit IR- und/oder NIR-Lampen. Wie bei der Härtung mit aktinischer Strahlung kann auch die thermische Härtung stufenweise erfolgen. Vorteilhafterweise erfolgt die thermische Härtung bei Temperaturen von Raumtemperatur bis 200°C.

20

Vorzugsweise wird bei der Härtung mit aktinischer Strahlung, insbesondere UV-Strahlung, eine Dosis von 500 bis 4.000, bevorzugt 1.000 bis 2.900, besonders bevorzugt 1.200 bis 2.800, ganz besonders bevorzugt 1.300 bis 2.700 und insbesondere 1.400 bis 2.600 mJ/cm<sup>2</sup> angewandt.

25  
30

Für die Härtung mit aktinischer Strahlung werden die üblichen und bekannten Strahlenquellen und optischen Hilfsmaßnahmen angewandt. Beispiele geeigneter Strahlenquellen sind Blitzlampen der Firma VISIT, Quecksilberhoch- oder -niederdruckdampflampen, welche gegebenenfalls  
5 mit Blei dotiert sind, um ein Strahlenfenster bis zu 405 nm zu öffnen, oder Elektronenstrahlquellen. Deren Anordnung ist im Prinzip bekannt und kann den Gegebenheiten des Werkstücks und der Verfahrensparameter angepaßt werden. Bei kompliziert geformten Werkstücken, wie sie für  
10 Automobilkarosserien vorgesehen sind, können die nicht direkter Strahlung zugänglichen Bereiche (Schattenbereiche), wie Hohlräume, Falzen und andere konstruktionsbedingte Hinterschneidungen, mit Punkt-, Kleinflächen- oder Rundumstrahlern, verbunden mit einer automatischen Bewegungseinrichtung für das Bestrahlen von Hohlräumen oder Kanten, ausgehärtet werden.

15 Die Anlagen und Bedingungen dieser Härtungsmethoden werden beispielsweise in R. Holmes, U.V. and E.B. Curing Formulations for Printing Inks, Coatings and Paints, SITA Technology, Academic Press, London, United Kindom 1984, oder in der deutschen Patentanmeldung DE  
20 198 18 735 A 1, Spalte 10, Zeile 31, bis Spalte 11, Zeile 16, beschrieben.

Hierbei kann die Aushärtung stufenweise erfolgen, d. h. durch mehrfache Belichtung oder Bestrahlung mit aktinischer Strahlung. Dies kann auch  
25 alternierend erfolgen, d. h., daß beispielsweise abwechselnd mit UV-Strahlung und Elektronenstrahlung gehärtet wird.

Die thermische Härtung und Härtung mit aktinischer Strahlung (Dual Cure) können gleichzeitig oder nacheinander angewandt werden. Werden die beiden Härtungsmethoden nacheinander angewandt, kann beispielsweise  
30 mit der thermischen Härtung begonnen und mit der Härtung mit aktinischer Strahlung geendet werden. In anderen Fällen kann es sich als

vorteilhaft erweisen, mit der Härtung mit aktinischer Strahlung zu beginnen und hiermit zu enden

Die Härtung mit aktinischer Strahlung wird vorzugsweise unter Inertgas  
5 durchgeführt, um die Bildung von Ozon zu vermeiden. Anstelle eines reinen Inertgases kann eine sauerstoffabgereicherte Atmosphäre verwendet werden

„Sauerstoffabgereichert“ bedeutet, daß der Gehalt der Atmosphäre an  
10 Sauerstoff geringer ist als der Sauerstoffgehalt von Luft (20,95 Vol.-%). Vorzugsweise liegt der maximale Gehalt der sauerstoffabgereicherten Atmosphäre bei 18, bevorzugt 16, besonders bevorzugt 14, ganz besonders bevorzugt 10 und insbesondere 6,0 Vol.-%. Vorzugsweise liegt der minimale Gehalt an Sauerstoff bei 0,1, bevorzugt 0,5, besonders  
15 bevorzugt 1,0, ganz besonders bevorzugt 1,5 und insbesondere 2,0 Vol.-%

Die sauerstoffabgereicherte Atmosphäre kann in unterschiedlicher Weise bereitgestellt werden. Beispielsweise kann ein entsprechendes  
20 Gasgemisch hergestellt und in Druckflaschen zur Verfügung gestellt werden. Vorzugsweise wird die Abreicherung erzielt, indem man mindestens ein Inertgas in den jeweils erforderlichen Mengen in das über der Oberfläche der zu härtenden Dual-Cure-Schichten befindliche Luftpolster einbringt. Der Sauerstoffgehalt der über der betreffenden  
25 Oberfläche befindlichen Atmosphäre kann mit Hilfe üblicher und bekannter Methoden und Vorrichtungen zur Bestimmung von elementarem Sauerstoff kontinuierlich gemessen und ggf automatisch auf den erwünschten Wert eingestellt werden.

30 Unter Inertgas wird ein Gas verstanden, das unter den angewandten Härtungsbedingungen durch die aktinische Strahlung nicht zersetzt wird,



die Härtung nicht inhibiert und/oder nicht mit dem erfindungsgemäßen Beschichtungsstoff reagiert. Vorzugsweise werden Stickstoff, Kohlendioxid, Helium, Neon oder Argon, insbesondere Stickstoff und/oder Kohlendioxid, verwendet.

5

Die vorstehend beschriebenen Verfahren und Vorrichtung der Applikation und Härtung können auch bei nicht erfindungsgemäßen Beschichtungsstoffen, wie Elektrotauchlacke, Füller oder Basislacke, eingesetzt werden, die zusammen mit den erfindungsgemäßen Beschichtungsstoffen zur Herstellung von mehrschichtigen Klarlackierungen und farb- und/oder effektgebenden Mehrschichtlackierungen angewandt werden.

Beispiele geeigneter Elektrotauchlacke sowie ggf. von Naß-in-naß-Verfahren werden in der japanischen Patentanmeldung 1975-142501 (japanische Offenlegungsschrift JP 52-065534 A 2, Chemical Abstracts Referat Nr. 87: 137427) oder den Patentschriften und -anmeldungen US 4,375,498 A 1, US 4,537,926 A 1, US 4,761,212 A 1, EP 0 529 335 A 1, DE 41 25 459 A 1, EP 0 595 186 A 1, EP 0 074 634 A 1, EP 0 505 445 A 1, DE 42 35 778 A 1, EP 0 646 420 A 1, EP 0 639 660 A 1, EP 0 817 648 A 1, DE 195 12 017 C 1, EP 0 192 113 A 2, DE 41 26 476 A 1 oder WO 98/07794 beschrieben.

Geeignete Füller, insbesondere wäßrige Füller, die auch als Steinschlagschutzgrundierungen oder Funktionsschichten bezeichnet werden, sind aus den Patentschriften und -anmeldungen US 4,537,926 A 1, EP 0 529 335 A 1, EP 0 595 186 A 1, EP 0 639 660 A 1, DE 44 38 504 A 1, DE 43 37 961 A 1, WO 89/10387, US 4,450,200 A 1, US 4,614,683 A 1 oder WO 490/26827 bekannt.

30

Geeignete Basislacke, insbesondere Wasserbasislacke, sind aus den Patentanmeldungen EP 0 089 497 A 1, EP 0 256 540 A 1, EP 0 260 447 A 1, EP 0 297 576 A 1, WO 96/12747, EP 0 523 610 A 1, EP 0 228 003 A 1, EP 0 397 806 A 1, EP 0 574 417 A 1, EP 0 531 510 A 1, EP 0 581 211 A 1, EP 0 708 788 A 1, EP 0 593 454 A 1, DE-A-43 28 092 A 1, EP 0 299 148 A 1, EP 0 394 737 A 1, EP 0 590 484 A 1, EP 0 234 362 A 1, EP 0 234 361 A 1, EP 0 543 817 A 1, WO 95/14721, EP 0 521 928 A 1, EP 0 522 420 A 1, EP 0 522 419 A 1, EP 0 649 865 A 1, EP 0 536 712 A 1, EP 0 596 460 A 1, EP 0 596 461 A 1, EP 0 584 818 A 1, EP 0 669 356 A 1, EP 0 634 431 A 1, EP 0 678 536 A 1, EP 0 354 261 A 1, EP 0 424 705 A 1, WO 97/49745, WO 97/49747, EP 0 401 565 A 1 oder EP 0 817 684, Spalte 5, Zeilen 31 bis 45, bekannt.

Vorzugsweise liegen die Schichtdicken der erfindungsgemäßen und nicht erfindungsgemäßen Beschichtungen in den üblicherweise angewandten Bereichen:

Elektrotauchlackierung:

Vorzugsweise 10 bis 60, bevorzugt 15 bis 50 und insbesondere 15 bis 40  $\mu\text{m}$ ;

Füllerlackierung:

Vorzugsweise 20 bis 150, bevorzugt 25 bis 100 und insbesondere 30 bis 80  $\mu\text{m}$ ;

Basislackierung:

Vorzugsweise 5 bis 30, bevorzugt 7,5 bis 25 und insbesondere 10 bis 20  $\mu\text{m}$ ;

Unidecklackierung:



Vorzugsweise 10 bis 60, bevorzugt 15 bis 50 und insbesondere 15 bis 40  $\mu\text{m}$ ;

Klarlackierung:

5 Vorzugsweise 10 bis 100, bevorzugt 15 bis 80 und insbesondere 20 bis 70  $\mu\text{m}$ ;

10 Die erhaltenen erfindungsgemäßen Beschichtungen, insbesondere die erfindungsgemäßen ein- oder mehrschichtigen, farb- und/oder effektgebenden Lackierungen und Klarlackierungen sind einfach herzustellen und weisen hervorragende optische Eigenschaften auf. Insbesondere sind sie frei von Trübungen und Inhomogenitäten. Sie weisen einen sehr gutes Reflow-Verhalten und eine hervorragende

15 Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Dual-Cure-Beschichtungsstoffe ist, daß sie auch in den Schattenzonen komplex geformter dreidimensionaler Substrate, wie Karosserien, Radiatoren oder elektrische Wickelgüter, auch ohne optimale, insbesondere vollständige, Ausleuchtung der Schattenzonen mit aktinischer Strahlung Beschichtungen liefern, deren anwendungstechnisches Eigenschaftsprofil an das der Beschichtungen außerhalb der Schattenzonen zumindest heranreicht. Dadurch werden die in den Schattenzonen befindlichen Beschichtungen auch nicht mehr leicht durch mechanische und/oder

20 chemische Einwirkung geschädigt, was beispielsweise in der Linie beim Einbau weiterer Bestandteile von Kraftfahrzeugen in die beschichteten Karosserien eintreten kann

30 Vor allem aber zeichnen sich die aus den erfindungsgemäßen Beschichtungsstoffen hergestellten erfindungsgemäßen Beschichtungen durch eine hervorragende Überbrennstabilität, Vergilbungsstabilität und

Beständigkeit gegenüber Feuchtebelastung aus. Hervorzuheben ist ihre hohe Oberflächenhärte, weswegen die erfindungsgemäßen Beschichtungen problemlos geschliffen, poliert und geschwabbelt werden können.

5

Die erfindungsgemäßen Beschichtungsstoffe können aber auch als Klebstoffe und Dichtungsmassen zur Herstellung erfindungsgemäßer Klebschichten und Dichtungen verwendet werden und dienen dem Beschichten, Verkleben und/oder Abdichten von grundierten oder ungrundierten Substraten aus Metall, Kunststoff, Glas, Holz, Textil, Leder, Natur- und Kunststein, Beton, Zement oder Verbunden dieser Materialien.

Die erfindungsgemäßen Beschichtungsstoffe, Klebstoffe oder Dichtungsmassen können daher für das Lackieren, Verkleben und Abdichten von Kraftfahrzeugkarosserien und Teilen hiervon, Kraftfahrzeugen im Innen- und Außenbereich, Bauwerken im Innen- und Außenbereich, Türen, Fenstern und Möbeln sowie für das Lackieren, Verkleben und Abdichten im Rahmen der industriellen Lackierung von Kleinteilen, Coils, Container, Verpackungen, elektrotechnischen Bauteilen und weißer Ware mit großem Erfolg verwendet werden.

Die Substrate können grundiert sein.

Im Falle von Kunststoffen können übliche und bekannte Primerschichten oder Haftschichten als Grundierungen angewandt werden oder die Kunststoffoberflächen können durch Beflammen oder Ätzen mit reaktiven Verbindungen wie Fluor haftfest ausgerüstet sein.

Im Falle elektrisch leitfähiger Substrate, insbesondere Metallen, können Primer als Grundierungen verwendet werden, wie sie in Römpp Lexikon Lacke und Druckfarben, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 1998,

„Primer“, Seite 473, „Wash Primer“, Seite 618, oder „Fertigungsbeschichtung“, Seite 230, beschrieben werden.

Bei elektrisch leitfähigen Substraten auf der Basis von Aluminium wird als  
5 Grundierung vorzugsweise eine durch anodische Oxidation erzeugte Aluminiumoxidschicht verwendet.

Wegen der hervorragenden anwendungstechnischen Eigenschaften der erfindungsgemäßen Beschichtungen, Klebschichten und Dichtungen sind  
10 die Substrate, die hiermit beschichtet, verklebt und/oder abgedichtet sind, von besonders langer Gebrauchsdauer und daher für die Anwender wirtschaftlich, ökologisch und technisch besonders wertvoll.

#### Beispiele

15

#### Herstellbeispiel 1

#### Die Herstellung eines thermisch härtbaren Bindemittels

20 In einem geeigneten Reaktor, ausgerüstet mit einem Rührer, zwei Tropftrichtern für die Monomermischung und die Initiatorlösung, Stickstoffeinleitungsrohr, Thermometer, Heizung und Rückflußkühler, wurde 650 Gewichtsteile einer Fraktion aromatischer Kohlenwasserstoffe mit einem Siedebereich von 158 bis 172 °C eingewogen. Das Lösemittel  
25 wurde auf 140 °C erhitzt. Hiernach wurden eine Monomermischung aus 652 Gewichtsteilen Ethylhexylacrylat, 383 Gewichtsteilen 2-Hydroxyethylmethacrylat, 143 Gewichtsteilen Styrol, 212 Gewichtsteilen 4-Hydroxybutylacrylat und 21 Gewichtsteile Acrylsäure innerhalb von vier Stunden und eine Initiatorlösung aus 113 Gewichtsteilen des  
30 aromatischen Lösemittels und 113 Gewichtsteilen tert.-Butylperethylhexanoat innerhalb von 4,5 Stunden gleichmäßig in die

Vorlage zudosiert. Mit der Dosierung der Monomermischung und der Initiatorlösung wurde gleichzeitig begonnen. Nach der Beendigung des Initiatorzulaufs wurde die resultierende Reaktionsmischung während weiterer zwei Stunden auf 140 °C unter Rühren erhitzt und anschließend  
5 abgekühlt. Die resultierende Lösung des Methacrylatcopolymerisats (A) wurde mit einem Gemisch aus 1-Methoxypropylacetat-2, Butylglykolacetat und Butylacetat verdünnt. Die resultierende Lösung wies einen Feststoffgehalt von 65 Gew.-%, bestimmt in einem Umluftofen (eine Stunde/130 °C) und eine Säurezahl von 15 mg KOH/g Festkörper auf.

10

#### Herstellbeispiel 2

Die Herstellung einer erfindungsgemäß zu verwendenden Nanopartikel-Paste (B)

15

Die Nanopartikel-Paste (B) wurde durch Vermischen von 1.050 Gewichtsteilen der Bindemittellösung (A) des Herstellbeispiels 1, 225 Gewichtsteilen Butylacetat und 300 Gewichtsteilen Aerosil ® VP R 7200, fünfminütigem Vordispersieren der resultierenden Mischung bei 2.500  
20 U/min in einem Labordissolver und 30minütigem Anreiben der Vordispersion in einer Perlmühle (Laborrührwerksmühle der Firma Vollrath mit 2 mm-Perlen) bis zu einem Grindometerwert von 10 µm hergestellt

#### Beispiel 1

25

Die Herstellung eines erfindungsgemäßen Klarlacks

Der Dual-Cure-Klarlack wurde durch das Vermischen der in der Tabelle angegebenen Bestandteile und Homogenisieren der resultierenden  
30 Mischung hergestellt. Die Nanopartikel-Paste (B) wurde dem Stammlack am Schluß zugesetzt.

**Tabelle: Die stofflichen Zusammensetzungen des Dual-Cure-Klarlacks**

<b>5 Bestandteil</b>	<b>Gewichtsteile</b>
<hr/>	
<u>Stammlack:</u>	
10 <u>Bestandteil (A):</u>	
Methacrylatcopolymerisat des Herstellbeispiels 1	27,17
<u>Bestandteil (B):</u>	
15 Nanopartikel-Paste des Herstellbeispiels 2	13,1
<u>Bestandteil (C):</u>	
Dipentaerythritpentaacrylat	20
20 <u>Bestandteile (D):</u>	
Irgacure ® 184 (handelsüblicher Photoinitiator der Firma Ciba Specialty Chemicals)	2,0
Genocure ® MBF (handelsüblicher Photoinitiator der Firma Rahn)	
25 Lucirin ® TPO (handelsüblicher Photoinitiator der Firma BASF AG)	0,5
<u>Bestandteile (E):</u>	
UV-Absorber (substituiertes Hydroxyphenyltriazin)	1,0
30 HALS (N-Methyl-2,2,6,6-tetramethylpiperidinyloxy)	1,0
Byk ® 306 der Firma Byk Chemie)	0,4

Butylacetat	23,05
Solventnaphtha ®	10,8
<b>Summe:</b>	<b>100</b>

5

Vernetzungsmittelkomponente (C):

<b>Summe:</b>	<b>38,28</b>
---------------	--------------

10 Vernetzungsmittel (C1):

Isocyanatoacrylat Roskydal ® UA VPLS 2337 der  
Firma Bayer AG (Basis: Trimeres Hexamethylen-  
diisocyanat; Gehalt an Isocyanatgruppen: 12 Gew.-%) 27,84

15 Vernetzungsmittel (C2):

Isocyanatoacrylat auf der Basis des Trimeren  
von Isophorondiisocyanat (70,5 %ig in Butylacetat;  
Viskosität: 1.500 mPas; Gehalt an  
Isocyanatgruppen: 6,7 Gew.-%; hergestellt analog

20 Beispiel 1 der EP 0 928 800 A 1) 6,96

Verdünner 3,48

25 Der Dual-Cure-Klarlack wies eine vorteilhaft lange Topfzeit  
(Verarbeitungszeit) auf.

**Beispiel 2**

30 Die Herstellung einer schwarzen und einer weißen  
erfindungsgemäßen Mehrschichtlackierung

Für das Beispiel 2 wurde der Klarlack des Beispiels 1 verwendet.

- 5 Zur Herstellung der schwarzen Mehrschichtlackierung wurden Stahltafeln nacheinander mit einer kathodisch abgeschiedenen und während 20 Minuten bei 170 °C eingebrannten Elektrotauchlackierung einer Trockenschichtdicke von 18 bis 22 µm beschichtet. Anschließend wurden die Stahltafeln mit einem handelsüblichen Zweikomponenten-Wasserfüller  
10 von BASF Coatings AG, wie er üblicherweise für Kunststoffsubstrate verwendet wird, beschichtet. Die resultierende Füllerschicht wurde während 30 Minuten bei 90 °C eingebrannt, so daß eine Trockenschichtdicke von 35 bis 40 µm resultierte. Hiernach wurde ein handelsüblicher schwarzer Wasserbasislack von BASF Coatings AG mit  
15 einer Schichtdicke von 12 bis 15 µm appliziert, wonach die resultierenden Wasserbasislacksschichten während zehn Minuten bei 80 °C abgelüftet wurden. Anschließend wurde der Klarlack 1 mit einer Schichtdicke von 40 bis 45 µm in einem Kreuzgang mit einer Fließbecherpistole pneumatisch appliziert. Die Härtung der Wasserbasislacksschichten und der  
20 Klarlacksschichten erfolgte während 5 Minuten bei Raumtemperatur, während 10 Minuten bei 80 °C, gefolgt von einer Bestrahlung mit UV-Licht einer Dosis von 1.500 mJ/cm<sup>2</sup>, und abschließend während 20 Minuten bei 140 °C
- 25 Die Mehrschichtlackierung wies, was Glanz, Härte und Kratzfestigkeit betraf, ein sehr gutes Eigenschaftsprofil auf.

Sie war sehr brillant und wies einen Glanz (20 °) nach DIN 67530 von 89,3 auf. Die Mikroeindringhärte (Universalhärte bei 25,6 mN, Fischerscope 100V mit Diamantenpyramide nach Vickers) lag bei 119,1.

30

Die Kratzfestigkeit wurde mit Hilfe des Sandtests (vgl. die deutsche Patentanmeldung DE 198 39 453 A 1, Seite 9, Zeilen 1 bis 63) anhand der vorstehend beschriebenen Prüfbleche beurteilt. Der Glanzverlust lag bei 10,8 Einheiten (20°). Das Reflow-Verhalten war sehr gut.

5

Bei dem in der Fachwelt bekannten MB-Gradientenofentest zeigten sich erste Beschädigungen der erfindungsgemäßen Mehrschichtlackierungen durch Schwefelsäure erst ab einer Temperatur von 51°C, durch Baumharz erst ab 55°C und durch deionisiertes Wasser erst ab 61°C. Auch die Etch-

10 Beständigkeit war hervorragend.

Die Mehrschichtlackierung 2 wies einen sehr guten Verlauf und eine von Störungen freie Oberfläche ohne Kocher auf.

15 Die Zwischenschichthaftung war - auch nach der Belastung im Schwitzwasserkonstantklima (SSK) - sehr gut (Gitterschnittprüfung nach DIN EN ISO 2409: GT0-1).

20 Zur Prüfung der Vergilbungsbeständigkeit und der Überbrennstabilität wurde in der vorstehend beschriebenen Weise eine Mehrschichtlackierung mit einem weißen Wasserbasislack hergestellt.

Die resultierende Mehrschichtlackierung wurde farbmétrisch vermessen. Sie wies nach dem Einbrennen einen b-Wert (vgl. Römpp Lexikon Lacke und Druckfarben, Stuttgart, New York, 1998, „CIELAB-Farbabstandsformel“, Seiten 114 und 115) von nur 0,5 auf.

30 Wurden die weiße Mehrschichtlackierung bei ihrer Herstellung bei 155°C, bei 170°C und bei 185°C jeweils während 30 min überbrannt, stieg der b-Wert nur auf 2,1, 3,9 und 7,1, was die hohe Vergilbungsstabilität untermauerte.



# Thermisch sowie thermisch und mit aktinischer Strahlung härtbare Beschichtungsstoffe und ihre Verwendung

5

## Patentansprüche

1. Thermisch sowie thermisch und mit aktinischer Strahlung härtbare Beschichtungsstoffe, enthaltend

10

(A) mindestens ein Bindemittel, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus physikalisch, thermisch, mit aktinischer Strahlung sowie thermisch und mit aktinischer Strahlung härtbaren, statistisch, alternierend und blockartig aufgebauten, linearen, verzweigten und kammartig aufgebauten Polyadditionsharzen und Polykondensationsharzen sowie (Co)Polymerisaten von olefinisch ungesättigten Monomeren;

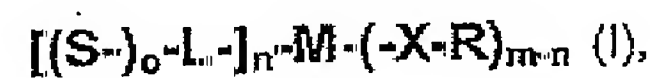
15

20

und

(B) Nanopartikel, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus Nanopartikeln, die mit mindestens einer Verbindung der allgemeinen Formel I:

25



worin die Indices und die Variablen die folgende Bedeutung haben:

30

S eine reaktive funktionelle Gruppe mit mindestens einer mit aktinischer Strahlung aktivierbaren Bindung;

5

L mindestens zweibindige organische verknüpfende Gruppe;

10

X unabhängig voneinander Sauerstoffatom, Schwefelatom oder  $\text{NR}^1$ , mit  $\text{R}^1$  = Wasserstoffatom oder Alkylgruppe mit 1 bis 4 Kohlenstoffatomen;

M Metallatom;

**R** einbindiger organischer Rest;

15

- o eine ganze Zahl von 1 bis 5;

m 3 oder 4;

20

n für  $m = 3, 1$  oder  $2$  und

n für  $m = 4, 1, 2$  oder 3;

modifiziert worden sind.

25

2. Beschichtungsstoffe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß sein Gehalt an Nanopartikeln (B), bezogen auf seinen Festkörper, bei 0,1 bis 20 Gew.-% liegt.

30

3. Beschichtungsstoffe nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die mit aktinischer Strahlung aktivierbaren Bindungen aus der Gruppe, bestehend aus Kohlenstoff-

Wasserstoff-Einzelbindungen oder Kohlenstoff-Kohlenstoff-, Kohlenstoff-Sauerstoff-, Kohlenstoff-Stickstoff-, Kohlenstoff-Phosphor- oder Kohlenstoff-Silizium-Einzelbindungen oder -Doppelbindungen, ausgewählt werden.

5

4. Beschichtungsstoffe nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Doppelbindungen Kohlenstoff-Kohlenstoff-Doppelbindungen („Doppelbindungen“) sind.

10

5. Beschichtungsstoffe nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die reaktiven funktionellen Gruppen S, aus der Gruppe, bestehend aus (Meth)Acrylat-, Ethacrylat-, Crotonat-, Cinnamat-, Vinylether-, Vinylester-, Dicyclopentadienyl-, Norbornenyl-, Isoprenyl-, Isopropenyl-, Allyl- oder Butenylgruppen; Dicyclopentadienyl-, Norbornenyl-, Isoprenyl-, Isopropenyl-, Allyl- oder Butenylethergruppen oder Dicyclopentadienyl-, Norbornenyl-, Isoprenyl-, Isopropenyl-, Allyl- oder Butenylestergruppen, ausgewählt werden.

15

20

6. Beschichtungsstoffe nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Gruppen S Methacrylatgruppen sind.

7. Beschichtungsstoffe nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß X für ein Sauerstoffatom steht.

25

8. Beschichtungsstoffe nach einem der Ansprüche 1 bis 7 dadurch gekennzeichnet, daß M für Silizium steht.

30

9. Beschichtungsstoffe nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Variable R für Methyl, Ethyl, Propyl und n-Butyl steht

10. Beschichtungsstoffe nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß Variable L Trimethylen, Tetramethylen, Pentamethylen, Hexamethylen, Heptamethylen oder Octamethylen, insbesondere Trimethylen, bedeutet.
11. Beschichtungsstoffe nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß für  $m = 3$  oder 4,  $n$  gleich 1 ist
12. Beschichtungsstoffe nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindung Methacryloxypropyltrimethylsiloxan ist.
13. Beschichtungsstoffe nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Nanopartikel (B) aus der Gruppe, bestehend aus Nanopartikeln auf der Basis von Siliziumdioxid, Aluminiumoxid, Zinkoxid, Zirkoniumoxid und der Polysäuren und Heteropolysäuren von Übergangsmetallen, vorzugsweise von Molybdän und Wolfram, mit einer Primärartikelgröße  $< 50$  nm, ausgewählt werden.
14. Beschichtungsstoffe nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß Nanopartikel (B) auf Basis von Siliziumdioxid ausgewählt werden.
15. Beschichtungsstoffe nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Nanopartikel (B) auf Basis von Siliziumdioxid hydrophile pyrogene Siliziumdioxidpartikel sind.
16. Beschichtungsstoffe nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Bindemittel (A) aus der Gruppe,

- bestehend aus (Meth)Acrylatcopolymerisaten, die eine OH-Zahl von 100 bis 220 mg KOH/g, eine Glasübergangstemperatur von -35 bis +60°C, ein zahlenmittleres Molekulargewicht von 1.000 bis 10.000 Dalton und ein massenmittleres Molekulargewicht von 2.000 bis 40.000 Dalton aufweisen und die eine der OH-Zahl entsprechende Menge an hydroxylgruppenhaltigen olefinisch ungesättigten Monomeren (a) einpolymerisiert enthalten, wovon
- (a1) 20 bis 90 Gew.-%, bezogen auf die hydroxylgruppenhaltigen Monomeren (a), aus der Gruppe, bestehend aus 4-Hydroxybutyl(meth)acrylat und/oder 2-Alkyl-propan-1,3-diol-mono(meth)acrylat, und
- (a2) 10 bis 80 Gew.-%, bezogen auf die hydroxylgruppenhaltigen Monomeren (a), aus der Gruppe, bestehend aus sonstigen hydroxylgruppenhaltigen olefinisch ungesättigten Monomeren,
- ausgewählt werden.
17. Beschichtungsstoffe nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß die 2-Alkyl-propan-1,3-diol-mono(meth)acrylate (a1) aus der Gruppe, bestehend aus 2-Methyl-, 2-Ethyl-, 2-Propyl-, 2-Isopropyl- oder 2-n-Butyl-propan-1,3-diol-mono(meth)acrylat, ausgewählt werden.
18. Beschichtungsstoffe nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß 2-Methyl-1,3-diol-mono(meth)acrylat (a1) verwendet wird.
19. Beschichtungsstoffe nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschichtungsstoffe noch mindestens

einen Bestandteil, ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus niedermolekularen und oligomeren und polymeren, von den (Meth)Acrylatcopolymerisaten (A) verschiedenen Verbindungen (C), die im statistischen Mittel

5

(i) mindestens eine reaktive funktionelle Gruppe, die mit komplementären reaktiven funktionellen Gruppen thermisch initiierte Vernetzungsreaktionen eingehen können, und/oder

10

(ii) mindestens eine reaktive funktionelle Gruppe mit mindestens einer mit aktinischer Strahlung aktivierbaren Bindung

im Molekül aufweisen, enthalten.

15 20.

Beschichtungsstoffe nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß sie 0,2 bis 5 Gew.-%, bezogen auf den Festkörper des Beschichtungsstoffs, mindestens eines Photoinitiators (D) enthalten.

20 21.

Beschichtungsstoffe nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschichtungsstoffe mindestens einen Zusatzstoff (E), ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus physikalisch härtbaren, von den Bindemitteln (A) verschiedenen Bindemitteln; thermisch härtbaren Reaktivverdünnern; molekulardispers löslichen Farbstoffen; Lichtschutzmitteln, wie UV-Absorber und reversible Radikalfänger (HALS); Antioxidantien; niedrig- und hochsiedenden ("lange") organischen Lösemitteln; Entlüftungsmitteln; ... Netzmitteln; Emulgatoren; Silpadditiven; Polymerisationsinhibitoren; Katalysatoren für die thermische Vernetzung; thermolabilen radikalischen Initiatoren; Haftvermittlern; Verlaufmitteln; filmbildenden Hilfsmitteln; Rheologiehilfsmitteln, wie

25

30

Verdicker und strukturviskose Sag control agents, SCA; Flammenschutzmitteln; Korrosionsinhibitoren; Rieselhilfen; Wachsen; Sikkativen; Bioziden und Mattierungsmitteln, enthalten

- 5 22. Beschichtungsstoffe nach einem der Ansprüche 1 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschichtungsstoffe mindestens ein Pigment (F), ausgewählt aus der Gruppe, bestehend aus organischen und anorganischen, transparenten und deckenden, farb- und/oder effektgebenden, elektrisch leitfähigen, magentisch  
10 abschirmenden und fluoreszierenden Pigmenten, Füllstoffen und von (B) verschiedenen Nanopartikeln, enthalten.
- 23 Verwendung der Beschichtungsstoffe als Beschichtungsstoffe, Klebstoffe und Dichtungsmassen.  
15
- 24 Verwendung nach Anspruch 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschichtungsstoffe der Herstellung ein- oder mehrschichtiger Klarlackierungen und farb- und/oder effektgebender Lackierungen, die Klebstoffe der Herstellung von Klebschichten und die  
20 Dichtungsmassen der Herstellung von Dichtungen dienen.
- 25 Verwendung nach Anspruch 23 oder 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschichtungsstoffe, Klebstoffe oder Dichtungsmassen für das Lackieren, Verkleben und Abdichten von  
25 Kraftfahrzeugkarosserien und Teilen hiervon, Kraftfahrzeugen im Innen- und Außenbereich, Bauwerken im Innen- und Außenbereich, Türen, Fenstern und Möbeln sowie für das Lackieren, Verkleben und Abdichten im Rahmen der industriellen Lackierung von Kleinteilen, Coils, Container, Emballagen, elektrotechnischen  
30 Bauteilen und weißer Ware verwendet werden.